ДОРОГИЕ ДРУЗЬЯ!

Вы держите в руках сборник, в который вошли лучшие статьи участников Научно-образовательного соревнования молодых исследователей «Шаг в будущее, Москва», проходившего 17-21 марта 2014 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.

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. МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Новойдарская Анастасия Андреевна, Островский Юрий Андреевич

Применение средств дистанционного обучения при изучении точности механической обработки…… 8

Муравейник Иван Алексеевич, Алимов Артём Игоревич

Определение фактора трения алюминия по стали с различными смазками инверсным методом……... 13

Васильева Александра Владимировна, Волков Станислав Степанович

Применение пьезокерамических преобразователей для сварки синтетических тканей... 19

Суханова Екатерина Владимировна, Дегтярева Алла Григорьевна

Исследование структуры стали 40Х после обработки методом деформирующего резания……...……. 24

Плотникова Ольга Петровна, Миронова Мария Олеговна

Технология получения многослойного листа из композиции «Ниобий-Медь».....…. 30

Ондрин Максим Сергеевич, Михайлов Валерий Павлович

Исследование демпфирующих характеристик магнитореологических эластомеров……. 33

Шкитин Глеб Александрович, Малов Илья Евгеньевич

Изучение процесса создания и подготовки модели для лазерной стереолитографии…... 40

Светлорусова Анастасия Михайловна, Чихачёва Надежда Юрьевна

Конструкция волочильного инструмента для деформационного наноструктурирования при производстве проволоки……..... 44

СЕКЦИЯ II. ИНФОРМАТИКА И СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

Панков Сергей Александрович, Карпунин Александр Александрович

Графопостроитель на дистанционном управлении……..... 47

Трегубов Андрей Александрович, Пономарёв Юрий Анатольевич

Гироскопическая стабилизация фотоаппарата для съемки с рук…….. 52

Козлова Ирина Константиновна, Петросян Олег Гарегинович

Численное интегрирование с помощью Дельта функции в среде LabVIEW…….. 58

Соколов Дмитрий Юрьевич, Власов Андрей Игоревич

Анализ работы датчика движения и варианты его улучшения……..... 63

Аладин Дмитрий Владимирович, Петрикова Юлия Дмитриевна, Кубышев Сергей Сергеевич

Виртуальная лаборатория «Balabza.chemistry»……..……... 68

Губарев Владимир Юрьевич

Реализация информационной системы для коммуникаций в реальном времени на базе проекта WebRTC…….. 72

СЕКЦИЯ III. СИСТЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ

Лацерус Каролина Феликсовна, Быков Александр Юрьевич

Разработка алгоритма генерации случайных паролей с заданным уровнем безопасности, удобных для запоминания и использования человеком……. 74

Мухаметжанов Руслан Булатович, Богомолова Наталья Егоровна

Разработка мер по безопасности мобильного банкинга……... 79

СЕКЦИЯ IV. ПРИБОРОСТРОЕНИЕ

Кабанов Алексей Олегович, Чулин Николай Александрович 82

Управление подъемной силой сверхвысотного летательного аппарата……..…

СЕКЦИЯ V. РАДИО-ОПТО-ЭЛЕКТРОНИКА

Левшин Алексей Андреевич, Овечкин Василий Сергеевич

Радиопередающее устройство УКВ диапазона…….…….. 86

Кузнецов Арсений Олегович Горевой Алексей Владимирович

Применение методов компьютерной графики для решения задач фотометрического стерео……... 91

Подгаецкий Николай Александрович, Федоркова Нина Валентиновна

Исследование формы колебаний генераторов стандартных сигналов……..... 96

СЕКЦИЯ VI. БИОМЕДИЦИНСКАЯ ТЕХНИКА

Сатаненко Артем Алексеевич, Кудашов Иван Александрович

Разработка генератора озона, предназначенного для дезинфекции и ускоренного заживления поверхностных ран…… 102

СЕКЦИЯ VII. СПЕЦИАЛЬНОЕ МАШИНОСТРОЕНИЕ

Дмитриева Мария Сергеевна, Фёдоров Сергей Владимирович

Исследование ударных кратеров на поверхности вязкой среды……. 106

Зенько Захар Александрович, Чёрный Владимир Григорьевич

Проектирование автоматического оружия с длинным ходом ствола……. 116

Патрикеев Михаил Александрович, Машков Константин Юрьевич

Гусеничный движитель для мотоцикла…… 122

СЕКЦИЯ VIII. ЭНЕРГЕТИКА И ЭКОЛОГИЯ

Коровянская Анастасия Денисовна, Лебедев Владимир Валентинович,

Физическая модель распыления топлива ультразвуковой форсункой……. 126

Хрулёв Дмитрий Геннадьевич, Бурцев Сергей Алексеевич

Анализ энергобезопасности применения газотурбинных установок для энергосбережения технологического процесса целлюлозно-бумажного комбината……. 132

Прокопенко Марина Сергеевна, Чирков Алексей Юрьевич

Определение изменения некоторых термодинамических величин при экспериментальном исследовании изобарных процессов…… 137

Каширин Дмитрий Сергеевич, Андреев Максим Андреевич

Исследование пневмопривода станка по сборке каркасов шин…….... 143

СЕКЦИЯ IX. АВТОМАТИЗАЦИЯ, РОБОТОТЕХНИКА И МЕХАНИКА

Фельдман Эмилий Олегович, Маничев Владимир Борисович

Построение математической модели движения мяча, брошенного вертикально вниз, и реализация данной модели с помощью программы на СИ++ в MS VISUAL STUDIO…... 155

Голубятников Сергей Алексеевич, Кистанов Александр Васильевич

Исследование зависимости скорости звуковых волн в воздухе от температуры воздуха. 161

Беляков Андрей Александрович, Жаргалова Аягма Дашибалбаровна

Подсистема повышения безопасности автотранспорта…… 167

СЕКЦИЯ X. ИНЖЕНЕРНЫЙ БИЗНЕС И МЕНЕДЖМЕНТ

Евдокимов Данила Валериевич, Мынжасаров Рахымбай Исатаевич

Управление инновационными процессами в образовательном учреждении…….... 171

Щербанёв Андрей Игоревич, Богданов Дмитрий Дмитриевич

Разработка социально-ориентированного бизнес проекта «Служба такси для людей с ограниченными возможностями»……..... 174

СЕКЦИЯ XI. ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ НАУКИ

Табалина Анастасия Сергеевна, Задорожный Николай Антонович

Макет магнитометра Акулова для экспериментального изучения магнитных полей и магнитных свойств материалов……..... 182

СЕКЦИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНО-РЕАБИЛИТАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Лифанов Александр Михайлович, Мелкумян Овсеп Григорьевич

Влияние геометрической формы самолета на его полетные характеристики……. 187

СЕКЦИЯ I. МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Применение средств дистанционного обучения при изучении точности механической обработки

НОВОЙДАРСКАЯ Анастасия Андреевна
г. Москва, лицей №1546 "Плехановец", 11 класс

Научный руководитель:
Островский Юрий Андреевич, к.т.н., доцент кафедры «Технологии машиностроения» МГТУ им. Н.Э. Баумана

Изучение методов организации процесса дистанционного обучения. Целью работы является проверка возможности использования средств дистанционного обучения на практике.

В связи с постоянно расширяющимся использованием глобальной сети Интернет практически для любых учебных заведений открываются возможности доступа к лабораторным установкам и новейшим методикам ведущих университетов РФ, к уникальным стендам академических и отраслевых научных организаций, что позволяет включить их в активное проведение учебного процесса.

Будем рассматривать только практикумы, не связанные непосредственно с математическим моделированием исследуемого объекта (их часто называют виртуальными), а выполняемые на физических стендах, где ведутся реальные эксперименты.

Удаленный компьютерный доступ – такой режим функционирования системы АЛП, при котором работа с физическим объектом осуществляется с компьютера, удаленного на сколь угодно большое расстояние от места размещения самого объекта. Для краткого обозначения используется аббревиатура АЛП УД. Цель использования таких средств – существенное повышение уровня практической подготовки студентов, за счет:

- Возможности работать на редком лабораторном оборудовании (уникальность)
- Проведения лабораторной работы при условии ограниченного обеспечения оборудованием
- Возможность получить доступ к лаборатории в любое время
- Сокращение денежных затрат на покупку оборудования.
- У данного подхода имеются и недостатки:
- Отсутствие контакта студента с измерительной аппаратурой. Работы носят созерцательный характер.
- Сложность управления доступом.
- Иной принцип организации лабораторных работ (подача материала, закрепление знаний, проверка учащихся).

В МГТУ им. Н.Э. Баумана уже существует похожий лабораторный комплекс - ИНтерактивная Диалоговая Удаленная Система (ИНДУС). Система была разработана в МГТУ им. Н.Э. Баумана с целью управления удаленными объектами через сеть Интернет. Она ориентирована на отечественные разработки в устройствах сопряжения экспериментальной установки с ЭВМ и широко использовавшиеся

ранее международные стандарты, аппаратные средства. Система не требует для своей поддержки дорогостоящих лицензионных программных сред типа LABVIEW.

Цель – дистанционное проведение лабораторных работ по курсу «Технологии машиностроения».

Рассмотрим две группы систем, имеющих прикладное значение: информационные системы управления лабораторией (LIMS) и системы диспетчерского управления и сбора данных технологических процессов (SCADA).Общим преимуществом этих систем является возможность работы с полученными данными, создание графиков, таблиц, гистограмм. Это значительно облегчает работу с информацией и очень важно для образовательных целей. Остановимся на системах типа SCADA. Во-первых, самым главным их преимуществом является то, что эти системы открытые. Доступ к ним может получить любой учащийся, также нет ограничений на использование. Во-вторых, SCADA-системы универсальны, они подойдут для любого оборудования, это делает область применения таких систем очень широкой. В-третьих, в этих системах предусматривается управление доступом пользователей, которые могут просматривать технологический процесс, тем самым, обеспечивая масштабируемые решения.

Для дальнейшей работы мы выберем систему Open SCADA, потому что именно она обладает теми свойствами, которые наиболее подойдут нам. Во-первых, самым главным преимуществом этой системы является ее открытость. Open SCADA является открытой системой, размещаемой в свободном доступе для разработчиков, имеет все необходимые функции хранения информации, обеспечения безопасности данных.

Доступ к ней может получить любой учащийся в любое время, без ограничений на использование. Во-вторых, система Open SCADA универсальна, она подойдет для любого оборудования, это делает область применения такой системы очень широкой. К достоинствам LIMS можно отнести тот факт, что они идеально подходят для лабораторного оборудования, к которому они прикреплены, но одновременно это же можно отнести к недостаткам, потому что LIMS привязаны к конкретному оборудованию, и рассматривать их отдельно от него бессмысленно. Более того, LIMS являются коммерческими системами, в отличие от Open SCADA, и это делает их невыгодным в использовании для наших целей. По этой же причине мы не рассматривали в нашем проекте другие SCADA-системы, например: Factory-Link(США), In Touch(США), Trace Mode (Россия), Круг-2000(Россия), Image(Россия). Таким образом, система Open SCADA является наиболее подходящей для нашей дальнейшей работы.

Выбор задачи

В качестве примера рассмотрим лабораторную работу по изучению точности механической обработки. Основная задача состоит в разработке сценария выполнения работы от лица обучающегося. Необходимо спроектировать макеты экранов для системы Open SCADA, определить порядок выполнения лабораторной работы и порядок проведения контроля знаний. Сценарий выполнения работы от лица обучающегося состоит из трех фаз.

В первой фазе (рис. 1) - подготовке к лабораторной работе - ставятся цели, предъявляются требования, определяется ход лабораторной работы, перечисляется оборудование и происходит

ознакомление с теорией и формулами, нужными для выполнения работы. Так как работа проводится дистанционно, материал должен быть изложен понятно и доступно для обучающегося.

Изучение точности механической обработки

Цель:

1) выявить зависимости точности механической обработки

2) построить полигон распределения действительных размеров поверхностей заготовок

Оборудование:

Микрометр

Токарный станок 16К20

- Скорость резания 100 м/мин
- Подача 0.3 мм/об
- Глубина резания 0.5 мм

Эскиз обработки

Далее

Задачи:

1. Провести анализ точности обработки по нарастающим отклонениям размеров получаемых поверхностей заготовок
2. Построить полигон распределения действительных размеров поверхностей заготовок, обработанных на настроенном станке

3. Определить точность обработки на основе данных наблюдений

Формулы:

$$X_p = \frac{X_1 + X_2 + \cdots + X_n}{n} = \frac{\sum_{i=1}^{n} X_i}{n}$$

$$X_n = 1/n \sum_{i=1}^{n} (X_i - X_{cp})$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{(X_1 - X_{cp})^2 + (X_2 - X_{cp})^2 + \cdots + (X_n - X_{cp})^2}{n}}$$

Правило шести сигм: $\delta = 6\sigma$

Запрос на измерения

Далее

Рис. 1. Фаза 1. Подготовка к работе

Фаза 2. Лабораторная работа

Вторая фаза представляет собой собственно саму лабораторную работу. Я хочу акцентировать внимание на том, что, так как средства визуализации информации в виде таблиц, графиков, гистограмм и т.п., являются стандартными операциями в Open SCADA, вставка в работу необходимых данных не составляет труда.

Фаза 3.

Как мы знаем, важнейшей частью каждой лабораторной работы является подведение итогов (рис. 2). Именно в этом и заключается третья фаза - обработка результатов. От обучаемого требуется проведение самостоятельного анализа лабораторной работы и демонстрация выводов. Сразу возникает вопрос о контроле усвоенного во время лабораторной работы материала. Он может быть проведен в виде тестов или прямых вопросов по заданной проблеме с использованием либо дистанционных средств – посредством сети интернет – либо проверки знаний при личном собеседовании. Мы считаем, что в этом вопросе определяющую роль играют предпочтения проверяющего.

Вычисление значения среднего квадратического отклонения ряда размеров

$$\sigma = \sqrt{\frac{(X_1 - X_{cp})^2 + (X_2 - X_{cp})^2 + \cdots + (X_n - X_{cp})^2}{n}}$$

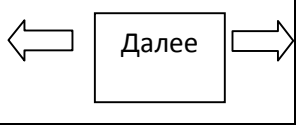
Полагая, что распределение размеров соответствует нормальному закону распределения, определяют точность обработки или поле рассеяния фактических размеров заготовок данной партии по правилу “шести сигм”:

$$\delta = 6\sigma$$

Вывод:

- Заключение о соответствии формы кривой распределения размеров кривой распределения размеров идеальной кривой нормального распределения, выявляют причины несоответствия.
- Сопоставительный анализ кривой распределения кривой $\mathbf{X_n = f(n)}$ для выявления преимущество недостатков их использования при оценке точности механической обработки.
- Вывод о точности данного метода обработки.

Результаты выполненной работы заносятся в бланк отчета.



Контрольные вопросы:

1. Покажите форму кривой распределения размеров поверхностей заготовок, если в процессе обработки произошло нарушение настроечного размера.
2. В каких случаях имеет место асимметричная форма кривой распределения размеров обрабатываемых поверхностей?
3. Как по кривой распределения найти вероятное количество годных и деталей, если поле допуска уже поля рассеяния?
4. Приведите примеры комплексных кривых распределения.
5. Как проявляется на графике накапливающейся средней влияние внезапно возникающей кратковременной причины, влияющей на точность получаемого размера?

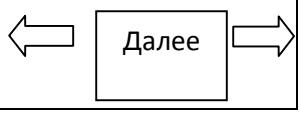


Рис. 2. Фаза 3. Экран: подведение итогов

Выводы.

Была проведена работа по изучению методов организации процесса дистанционного обучения в области проведения лабораторных работ. Путем сравнения типов двух систем (LIMS и SCADA), был сделан вывод о рациональности использования Open SCADA. Эта система выигрывает за счет открытости, надежности, гибкости, масштабируемости, многоплатформенности финансовой доступности.

В качестве примера, мы использовали лабораторную работу по изучению точности механической обработки, но мы считаем, что предложенный сценарий можно использовать и для проведения других лабораторных работ с применением АСУ ТП Open SCADA, за счет функций хранения информации, обеспечения безопасности данных и доступных средств разработчика.

ЛИТЕРАТУРА

1. Технология машиностроения: В 2т. Т.2. Производство машин: Учебник для вузов /Под ред. Г.Н. Мельникова, М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1999. -568с.
2. Норенков И.П. Системные вопросы дистанционного обучения // Информационные технологии. 2001. №3. С.17-21.
3. Управляющие системы и автоматика. Д. Шмид и др. – Москва, 2007. – 584с.

Определение фактора трения алюминия по стали с различными смазками инверсным методом

МУРАВЕЙНИК Иван Алексеевич,
г. Москва, ГБОУ СОШ № 310
«У Чистых прудов», 11 класс

Научный руководитель:
Алимов Артём Игоревич, ассистент кафедры
«Технологии обработки давлением»
МГТУ им. Н.Э. Баумана

Цель работы. Разработка методики определения фактора трения при помощи испытания на осадку кольца с применением инверсного анализа и экспериментально определить фактор трения алюминиевого сплава АД0 по стали при температуре 20°С

Задачи:

- Разработать методику определения фактора трения.
- Провести обзор исследований, посвященных данной теме.
- Исследовать зависимость фактора трения алюминия по стали от условий смазки.

Существует несколько моделей трения:

- Закон трения Зибеля (закон постоянного трения):
- Закон Амонтона-Кулона: =μ
- Закон трения Леванова: =μ(1-)

На рис. 1 приведен график сравнения указанных законов.

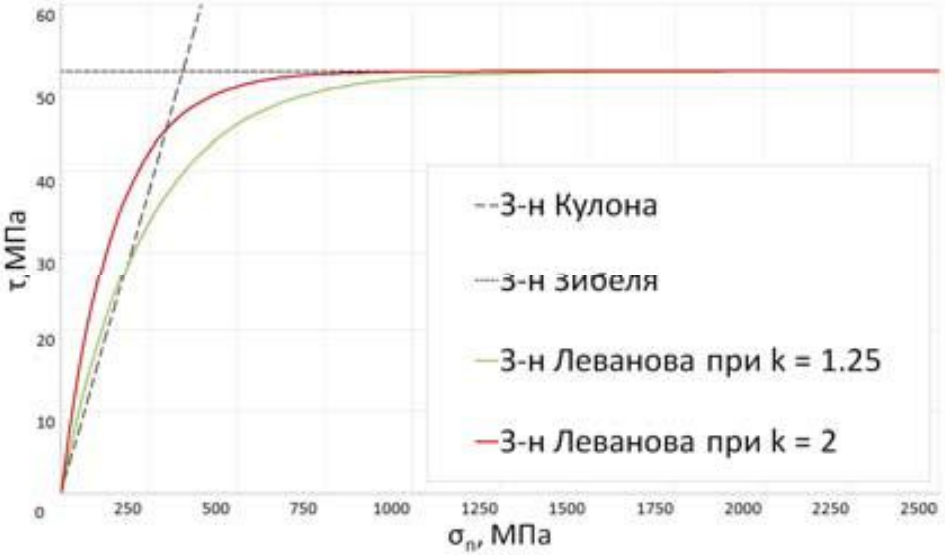
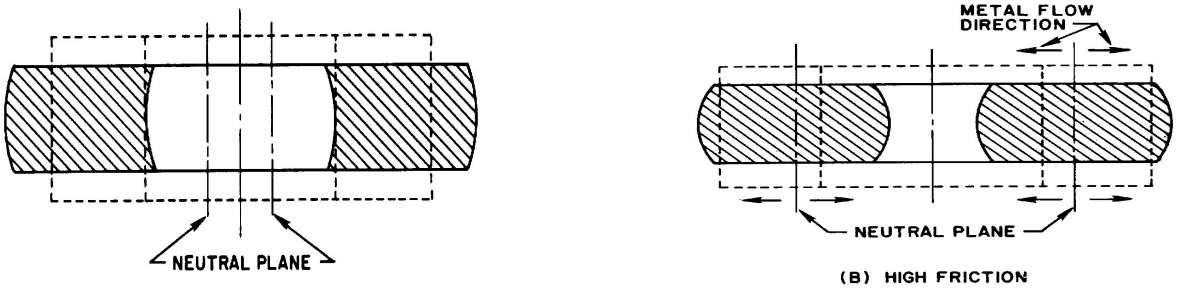


Рис. 1. График сравнения 3-х законов трения

Обзор исследований, проведённых для определения показателя фактора трения.

Один из наиболее широко используемых методов определения фактора трения, используемых в процессах объёмной штамповки, является тест на осадку кольца. Этот тест впервые был введён Kunogi в

1956 году и разработан Мале и Кокрофтом в 1963 году. Испытание на сжатие кольца заключается в следующем: в зависимости от задаваемого фактора трения внутренний диаметр кольца может увеличиваться или уменьшаться. Если испытания проводятся с низким фактором трения, то материал течет наружу и внутренний и внешний диаметр кольца увеличиваются (μ=0,1-0,4). Если испытание проводится с высоким фактором трения(μ=0,5-0,9), то материал течет внутрь, что уменьшает внутренний диаметр кольца, а остальной материал течет наружу, который увеличивает наружный диаметр кольца (рис. 2).



а) **б)**

Рис. 2. Течение металла при разном трении: а) низкое трение, б) высокое трение.

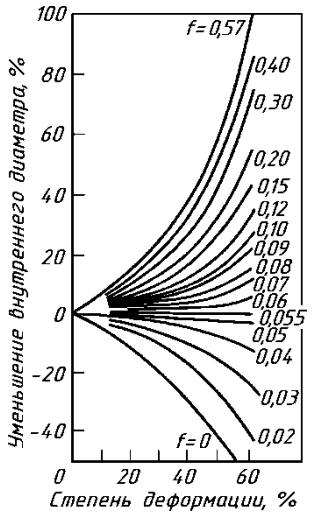


Рис. 3. Кривые для определения фактора трения методом осадки кольца

Для определения фактора трения были проведены серии экспериментов, связанных с осадкой кольцевых образцов на 50% от их исходной высоты и последующим замером значения высоты образца и его внутреннего диаметра (рис. 3,4). Для проведения испытаний были изготовлены образцы с определенным соотношением размеров внешнего диаметра D0, внутреннего диаметра d0 и высоты h0 (рис. 3). Как правило, это соотношение составляют 3:2:1 либо 6:3:2.Перед испытанием на поверхность кольца наносится смазка. Тестирование проведено так же, как испытания на сжатие при определенной температуре и скорости деформации. После нескольких серий испытаний осадки кольца внутренний диаметр кольца измеряется (рис. 5). Измеренная величина и снижение высоты в процентах затем сравниваются с набором калибровочных кривых для определения фактора трения [4].

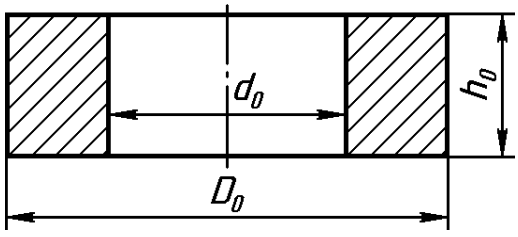


Рис. 4. Кольцевой образец, используемый для осадки

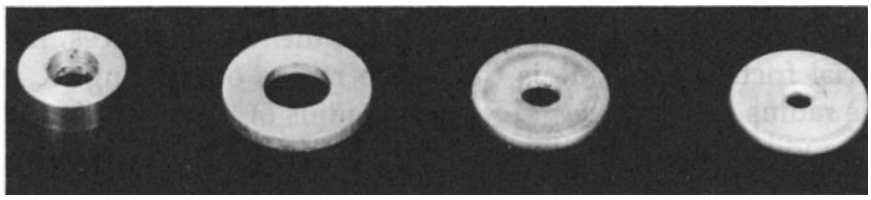


Рис. 5. Изменение формы кольцевых образцов при высоком и низком трении: Образцы слева направо - недеформированное кольцо, низкое трение, высокое трение. Осадка высоты на 50% от исходной высоты.

Методика проведения эксперимента:

- Смоделировать и провести экспериментальную часть.
- Построить номограммы.
- Определить фактор трения.

Построение графиков, для подбора фактора трения экспериментальной части:

Вначале осадка была промоделирована в программе Qform. Размеры заготовок были взяты в соотношений(6:3:2) 18мм:9мм:6мм. При разном задаваемом факторе трения была проведена серия осадок кольцевых заготовок и получены следующие результаты (Таблица 1).Разность между задаваемыми факторами трения=0,05.

Из полученных данных видно, что при увеличении фактора трения внутренний и внешний диаметр уменьшаются. После были построены 2 графика в соответствии **d(μ)** и **D(μ)** (рис. 6, рис. 7).

Таблица 1. Результаты эксперимента при разном факторе трения.

Фактор трения	Внутренний диаметр после осадки	Внешний диаметр после осадки
0	12,711	25,421
0,05	11,732	25,009
0,1	10,772	24,629
0,15	9,932	24,302
0,2	9,354	24,062
0,25	8,948	23,873
0,3	8,319	23,713
0,35	7,859	23,581
0,4	7,457	23,469
0,45	7,108	23,378
0,5	6,789	23,303
0,55	6,508	23,24
0,6	6,244	23,174
0,65	6,006	23,094
0,7	5,778	23,066
0,75	5,567	23,019
0,8	5,385	22,977
0,85	5,22	22,946
0,9	5,088	22,916
0,95	4,961	22,893
1	4,842	22,87

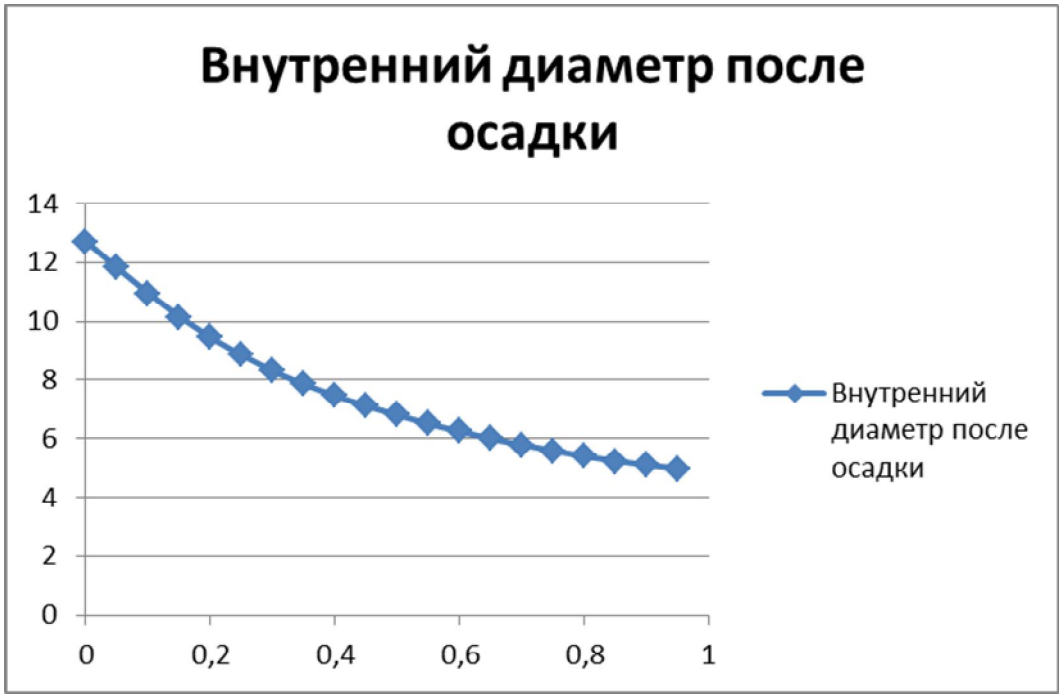


Рис. 6. График d(m)

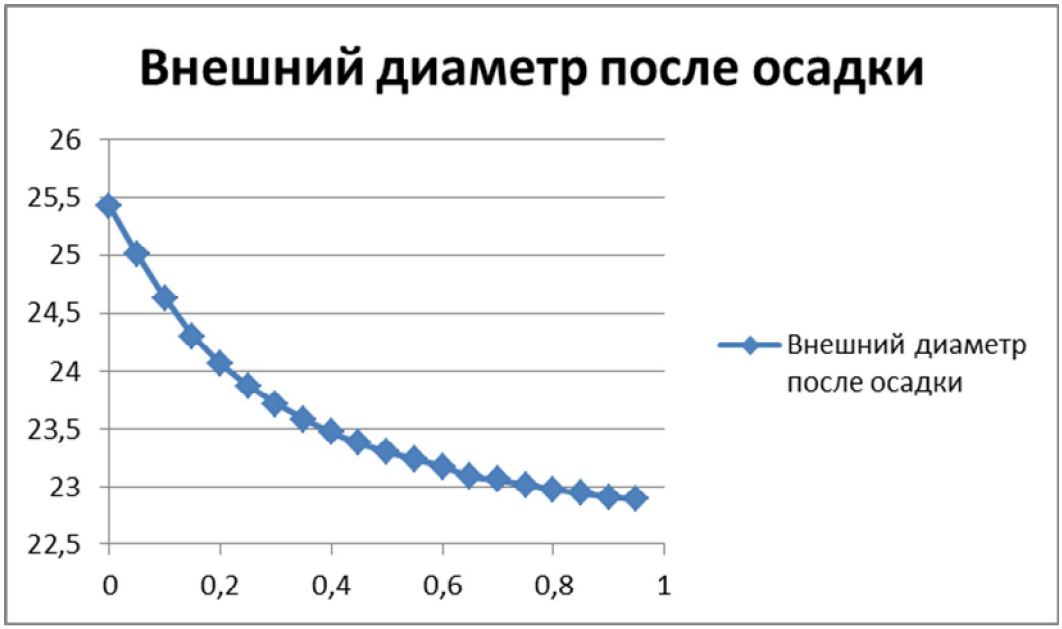


Рис. 7. График D(m)

После моделирования осадок колец в программном комплексе Qform, осадка была проведена экспериментально на испытательной машине Instron 600DX. Проводили 4 эксперимента с различными смазками, каждый образец перед осадкой смазывали одной из смазок (таблица 2). Размеры колец были замерены до и после осадки (рис. 8,9).

Таблица 2. Виды смазок.

Виды смазок
1.Обезжиренная (бензин Галоша)
2.Литол
3.Графит+Литол
4.Дисульфид молибдена

После в Qform был подобран фактор трения (**μ**) для экспериментальной части (таблица 3). Подбирали в соответствии с алгоритмом, который был разработан.

D	D	H
18	9,4	6,1
18	9,4	5,8
18	9,2	6,2
18	9,2	6

Рис. 8. Размеры колец до осадки

D	D	H
21,7	7,3	3,6
22,8	9	3,3
22,7	8,6	3,4
22,5	8,5	3,4

Рис. 9. Размеры колец после осадки

Таблица 3. Фактор трения для внутреннего диаметра(1), для внешнего диаметра (2)

Виды смазок	фактор трения(1)	фактор трения(2)
1.Обезжиренная (бензин Галоша)	0,67	0,52
2.Литол	0,31	0,17
3.Графит+литол	0,34	0,36
Дисульфид молибдена	0,35	0,3

Выводы.

Фактор трения был подобран в соответствии с алгоритмом, который был разработан (рис. 10).

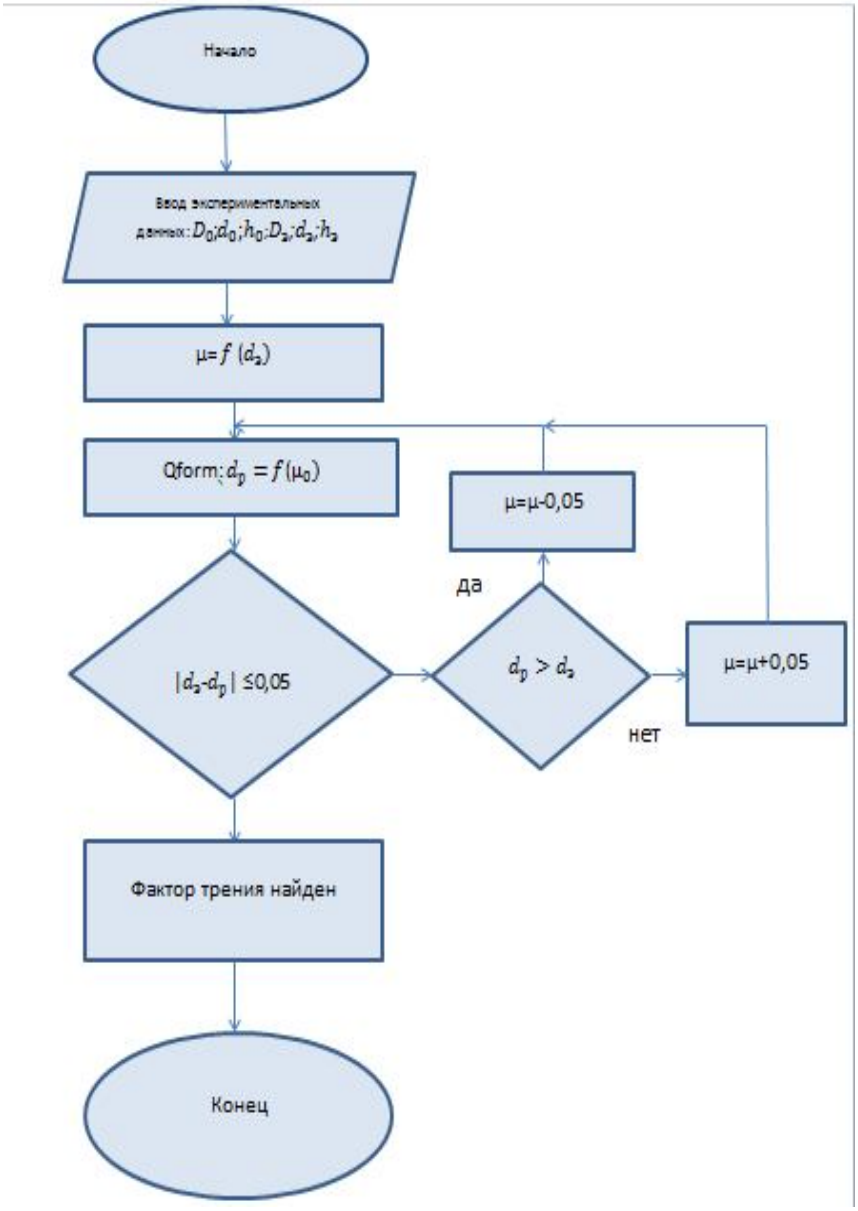


Рис. 10. Определение фактора трения алюминия по стали с различной смазкой по предложенной методике

ЛИТЕРАТУРА

1. ASM HandBook Volume 08 - Mechanical Testing and Evaluation.Publisher: ASM International;2235 pages.
2. Власов А.В. Основы теории напряженного и деформированного состояний. Учебное пособие по курсу лекций «Теория обработки металлов давлением» предназначено для студентов 3 курса специальности 150201. Подготовлено на кафедре технологии обработки давлением МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2006 г.
3. Сторежев М.В.; Попов Е.А. Теория обработки металлов давлением. Учебник для вузов.
4. Изд. 4-е, перераб. и доп. — М.: Машиностроение, 1977. — 423 с.

Применение пьезокерамических преобразователей для сварки синтетических тканей

ВАСИЛЬЕВА Александра Владимировна
г. Москва, ГБОУ СОШ № 1362, 11 класс

Научный руководитель:
Волков Станислав Степанович, к.т.н., профессор кафедры «Технологии сварки и диагностики»
МГТУ им. Н.Э. Баумана

Ультразвуковая сварка синтетических тканей завоевала в настоящее время всеобщее признание. Разработано специальное оборудование. Как правило, это стационарные ультразвуковые установки с электромеханическими преобразователями из магнитострикционных металлических материалов — никеля или пермендюра, охлаждаемых в процессе работы водой и электрическими генераторами мощностью от 1 кВт и выше. Такие установки обеспечивают достаточную прочность соединений и высокую производительность. Однако, в ряде случаев высокая стоимость, значительные габаритные размеры и большая мощность, потребляемая такими установками, снижают эффективность ультразвукового способа соединения тканей и возможность его применения в производственных условиях. Поэтому наряду с мощными стационарными установками необходимы малогабаритные высокоэффективные устройства с преобразователями из пьезокерамических или магнитострикционных материалов.

Такие устройства, в частности, могут применяться в виде ручного сварочного инструмента, так называемых пистолетов.

В последние годы для сварки синтетических тканей были успешно проведены исследования по применению высокодобротных ультразвуковых колебательных сварочных систем с пьезокерамическими преобразователями.

Основным фактором, характеризующим прочность сварных соединений является количество энергии, вводимой в свариваемый материал в процессе сварки. Это количество энергии определяется сочетанием основных параметров режима сварки и, по всей вероятности, не зависит от схемы сварки. Поэтому можно предположить, что если при шовной сварке создать условия, идентичные получению соединений с наибольшей прочностью при прессовой сварке, то и при этом способе соединений тканей мы должны получить сварные швы, обладающие максимальной прочностью.

Однако, необходимо учесть, что время воздействия ультразвуковых колебаний при шовной сварке есть время нахождения материала под волноводом и определяется длинной рабочего торца волновода и скоростью сварки $\mathbf{V_{св}=l/t}_{св,}$, где: l - длина волновода при шовной сварке; $t_{СВ}$ - оптимальное время воздействия ультразвуковых колебаний при шовной сварке тканей.

Однако высказанные предположения и метод расчета скорости шовной сварки нуждаются в экспериментальном исследовании вследствие того, что этот метод сварки существенно отличается от

схемы прессовой сварки. Если в случае прессовой сварки образование соединения происходит при неподвижном материале, то при шовной сварке соединения формируются при постоянном и равномерном перемещении свариваемого материала под волноводом. В связи с этим возник вопрос исследования и разработки высокодобротных ультразвуковых колебательных систем для сварки синтетических тканей небольших мощностей с применением пьезокерамических преобразователей.

Оптимальными параметрами режима непрерывной шовной сварки являются: амплитуда колебаний рабочего торца волновода A (мкм), частота колебаний f (кГц), скорость сварки v (м/с) и сварочное давление $p_{ст}$ (МПа) или усилие прижима волновода к материалу F(Н). Такие параметры определяли в процессе шовной ультразвуковой сварки тканей трех видов: капрона толщиной δ = 700 мкм, лавсана (600 мкм) и полипропиленовой ткани (400 мкм). В качестве параметра оптимизации выбрана прочность соединения на расслаивание, оцениваемая разрывной силой Q, отнесенной к 1 см шва. Опорой при сварке служит стальной ролик, связанный через редуктор с электродвигателем. Реостат в цепи питания двигателя позволяет регулировать скорость протяжки ткани. Усилие прижима F создавалось с помощью весов, на площадку которых помещался механизм протяжки с образцами свариваемой ткани. Амплитуду колебаний регулировали путем изменения выходного напряжения ультразвукового генератора ИЛ 10-04, питающего преобразователь, и измеряли с помощью микроскопа. Автоматическую подстройку частоты генератора на резонанс преобразователя за счет обратной связи по току осуществляли в пределах ±100 Гц, ручную — ±1 кГц. При исследовании влияния одного из параметров на величину Q значения двух других поддерживали постоянными. Постоянные параметры в каждом случае подобраны методом последовательного приближения и близки к оптимальным. Например, $A_{опт}$ = 30÷40 мкм; примерно в таких же пределах лежат и значения оптимальных амплитуд для мощных сварочных установок. Величина $A_{опт}$ для различных материалов различна, что можно объяснить их температурой плавления $T_{пл}$: у полипропиленового волокна $T_{пл}$ = 160/170 °С, у капронового — 210/215 °С, у лавсанового — 255/260 °С.

Оптимальные значения сварочного усилия $F_{опт}$ для различных материалов примерно одинаковы и составляют около 100 Н. В мощных установках $F_{опт}$ в зависимости от вида свариваемой ткани составляет 200—500 Н. Пониженное значение оптимального усилия в данном случае можно объяснить тем, что у добротного пьезокерамического преобразователя при F > 100 Н начинала заметно снижаться амплитуда колебаний. Для поддержания ее на прежнем уровне при больших усилиях потребовалось бы повысить в несколько раз напряжение, питающее преобразователь, и подводимую к ней электрическую мощность. В установке УПШ-12 усилие прижима F = 80 Н создается путем зазора между волноводом и опорой, равного примерно половине суммарной толщины свариваемых тканей. Оптимальная скорость $V_{опт}$ невелика: она составляет для всех материалов около 20 м/ч, в то время как на мощных установках скорость сварки доходит до 50 м/ч и даже 100 м/ч. Увеличение $V_{опт}$ достигается обычно путем повышения усилия прижима, однако для высокодобротных колебательных систем, как уже упоминалось, повышение F ведет к резкому снижению амплитуды колебаний. Дело в том, что с увеличением F возрастает сопротивление акустической нагрузки $r_{ак}$, которая ввиду малого сопротивления собственных

потерь таких систем начинает сильно сказываться на режиме работы. В связи с этим представляет интерес количественная оценка $r_{ак}$ и сравнение ее с сопротивлением механических и электрических потерь ультразвукового пьезокерамического преобразователя.

Определение сопротивления нагрузки в процессе сварки имеет существенное значение, так как, зная $r_{ак}$, можно установить вводимую в нагрузку мощность и вычислить кпд акустической системы.

Расчет этой величины сильно затруднен, так как из-за малой контактной свариваемой площади форма излучаемой волны сильно отличается от плоской, материал под волноводом-инструментом меняет свои свойства в процессе сварки, акустический контакт между волноводом - инструментом и тканью, тканью и опорой, между свариваемыми слоями ткани — неопределенный и непостоянный. В настоящее время возможно лишь экспериментальное определение $r_{ак}$, причем наиболее целесообразно использовать для этого изменение электрического импеданса акустической колебательной системы под действием нагрузки [4].

Схема измерений сопротивления акустической нагрузки при исследованиях приведена на рис.1. Ультразвуковой преобразователь питался от генератора ИЛ 10-04 с высокоомным выходом, в обмотке преобразователя поддерживался режим постоянного тока.

Настройку на частоту механического резонанса преобразователя f_0, соответствующего минимуму ее электрического импеданса, производили по минимуму напряжения, измеряемого вольтметром, а значение fo измеряли электронным частотомером. На частоте f_0 =22 кГц фиксировали напряжение U на обмотке, ток *I* в ней, потребляемую электрическую мощность W (с помощью электронного ваттметра), амплитуду колебаний волновода - инструмента A (с помощью микроскопа). Одновременно осциллографом контролировали форму напряжения на обмотке и температуру сердечника. Температуру измеряли расположенной под обмоткой термопарой. Измерения производили при сварке тканей двух видов: капрона (δ = 700 мкм) и лавсана (δ =600 мкм), Использовали протяжное устройство установки УПШ-12; значения A, F, V примерно соответствовали оптимальным. Наряду с измерениями пьезокерамического преобразователя по описанной схеме для сравнения был промерен при работе без нагрузки никелевый преобразователь, охлаждаемый водой. Никелевый преобразователь с резонансной частотой 22 кГц изготовлен из пластин никеля толщиной 0,1 мм с обмоткой медной проволоки из 25 витков. Волновод-инструмент был таким же, как у пьезокерамического преобразователя. Результаты измерений приведены в табл. 1.

Таблица 1. Результаты измерений

Преобразователь	f_0 кГц	U, В	I, А	W, Вт	A, мкм	D	$W_{эп}$, Вт	$W_м$, Вт
Пьезокерамический	22	50	1,5	400	35	400	3,25	21,75
Никелевый	22	25	3,1	400	35	85	25,00	90,00

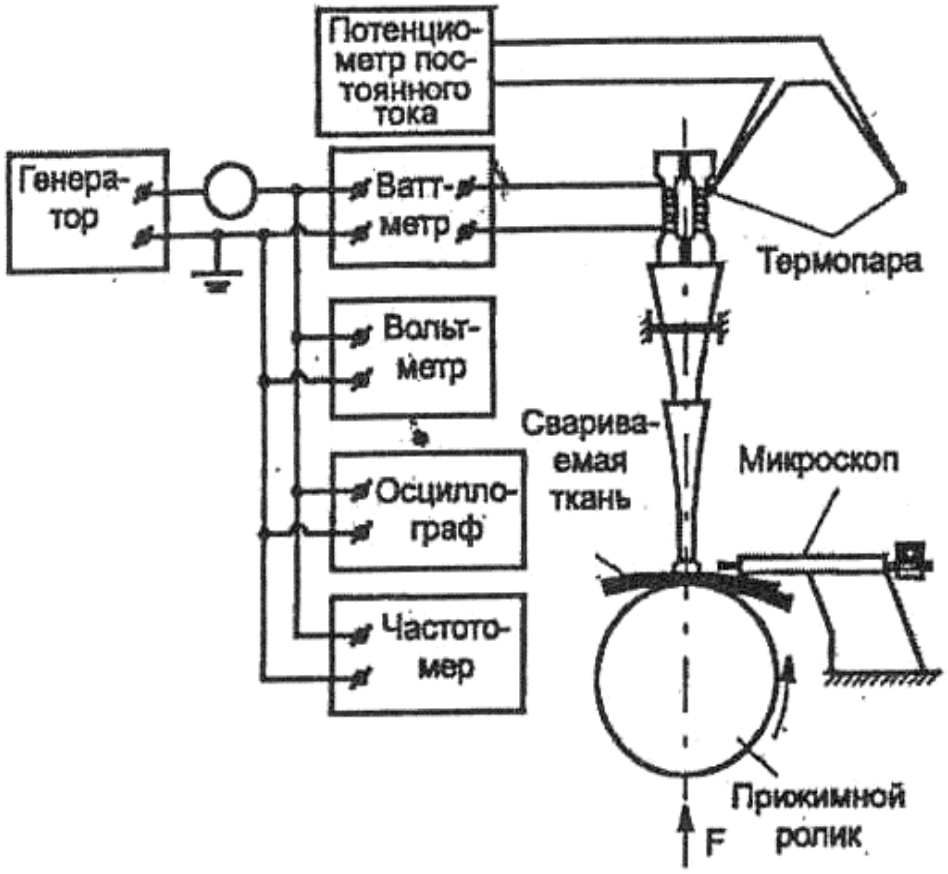


Рис. 1. Блок-схема измерения сопротивления акустической нагрузки при сварке синтетических тканей

Кроме упомянутых выше величин, в табл. 1 даны значения механической добротности преобразователей D, вычисленные по частотным характеристикам амплитуды колебаний волновода A или потребляемой электрической мощности W, мощность электрических потерь $W_{эп}$, определенная по измеренным значениям мощности ниже и выше резонанса, и механическая мощность $W_M = W - W_{эп}$.

Все данные были получены при ультразвуковой сварке двумя преобразователями капроновой и лавсановой тканей. Согласно табл. 1, при одинаковой амплитуде колебаний волновода-инструмента никелевый преобразователь потребляет мощность намного большую, чем пьезокерамический. Это зависит от добротности пьезокерамических преобразователей и мощности их электрических потерь.

Характерно, что для сохранения при ультразвуковой сварке амплитуды колебаний волновода у пьезокерамического преобразователя вдвое увеличивается напряжение питания. Это свидетельствует о значительной роли активной компоненты сопротивления нагрузки. Реактивная компонента нагрузки имела характер дополнительной массы и вызывала изменение частоты на 0,1 %, т, е. примерно на половину ширины полосы колебательной системы.

По экспериментальным данным вычислены параметры эквивалентной схемы преобразователей. Результаты исследований показали, что малые собственные механические потери колебательных систем,

обусловливающие высокую экономичность ультразвуковых сварочных машин с добротными пьезокерамическими преобразователями, упрощение их конструкции, уменьшение габаритных размеров, массы и исключение водяного охлаждения.

Выводы.

1) Установлено, что высокая эффективность высокодобротных ультразвуковых колебательных систем с пьезокерамическими преобразователями обусловливается добротностью колебательной системы и малыми собственными потерями.

2) Показано, что тепловые процессы шовной сварки тканей из полимерных материалов несколько отличаются от тепловых процессов прессовой сварки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Соколов А.П. Сваривание материалов в швейном производстве. М., Легкая индустрия , 1980, 72с.
2. Волков С.С. Сварка и склеивание полимерных материалов: Учебное пособие для вузов. М., Химия, 2001. 376с.
3. Волков С.С., Орлов Ю.Н., Черняк Б.Я. Сварка пластмасс ультразвуком. М., Химия, 1974. 267с.
4. Зайцев К.И., Мацюк Л.Н., Богдашевский А.В. Сварка полимерных материалов: Справочник. М., Машиностроение, 1988. 312с.

Исследование структуры стали 40Х после обработки методом деформирующего резания

СУХАНОВА Екатерина Владимировна,
г. Москва, ГБОУ ЦО № 218,11 класс

Научный руководитель:
Дегтярева Алла Григорьевна,
ассистент кафедры «Материаловедение»
МГТУ им. Н. Э. Баумана

Множество деталей машин работают в условиях интенсивного изнашивания, циклических и ударных нагрузок, вибрации, высоких и низких температур. В этих случаях к поверхностному слою детали предъявляют повышенные эксплуатационные требования. Зачастую для восприятия ударных нагрузок деталь должна иметь пластичную сердцевину с одновременно твердой упрочненной наружной поверхностью. С этой целью в процессе её изготовления широко применяются методы поверхностной упрочняющей обработки.

Известны многочисленные способы поверхностного упрочнения, такие как: поверхностное пластическое деформирование (ППД), химико-термическая обработка, закалка ТВЧ, электромеханическая обработка (ЭМО) и многие другие. Как правило, любой из методов имеет достоинства и недостатки, например, значительные энергозатраты, использование специального оборудования, приспособлений, инструментов и т.д.

Альтернативой существующих технологий может выступать метод деформирующего резания (ДР). Идея повышения твёрдости наружной поверхности стальной заготовки путем нагрева её поверхностных слоев и создания закаленных зон заключалась в следующем. В процессе деформирующего резания инструмент в виде проходного резца подрезает и отгибает слои металла. Скорость резания, деформация подрезанного слоя, трение подрезанного слоя металла о рабочие поверхности режущего инструмента приводят к нагреву поверхностных слоев металла до высоких температур и фазовым превращениям, а за счет быстрого отвода тепла в тело заготовки - к закалке подрезаемых слоев металла. Степень нагрева может регулироваться за счет режимов резания, геометрии инструмента, свойств обрабатываемого и инструментального материалов. На рисунке 1 представлена схема процесса ДР.

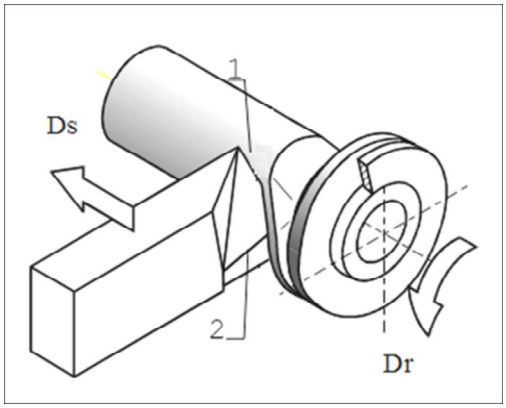
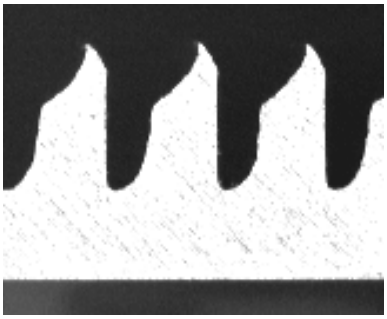
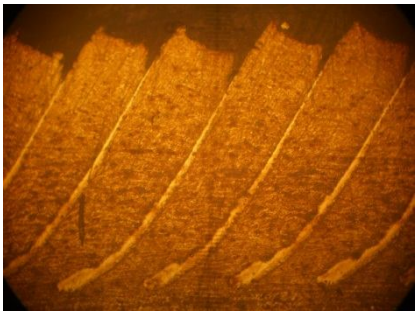


Рис. 1. Схема процесса деформирующего резания: 1 – заготовка; 2 – резец

При деформирующем резании подрезанный слой полностью не отделяется от заготовки и в виде ребра остается на ней. Наличие жесткой связи подрезанного слоя с основой заготовки позволяет целенаправленно производить его пластическую деформацию рабочими поверхностями режущего инструмента. По сути, образующиеся ребра - это не отделившаяся от заготовки стружка. Метод деформирующего резания реализуется инструментом типа проходного резца на стандартном металлорежущем оборудовании. В результате на поверхности заготовки получается регулярная структура с вертикальными или наклонными ребрами рисунок 2.



а)



б)

Рис. 2. Варианты оребрённых структур: а) с вертикальными ребрами, б) с наклонными ребрами

Цель данной работы – исследование структуры и определение микротвердости в зоне воздействия скоростной деформации резанием, проведение сравнительного анализа полученных результатов с результатами стандартной термической обработки для данного материала. Объектом исследования была выбрана сталь 40Х – конструкционная сталь, легированная хромом. Химический состав стали 40Х представлен в таблице 1.

Таблица 1. Химический состав стали 40Х.

Состав стали 40Х	
Углерод(C)	0,42%
Хром (Cr)	0,93%
Марганец (Mn)	0,69%
Никель (Ni)	0,06%
Кремний (Si)	0,25%

Исходной заготовкой для последующего ДР служил цилиндрический вал в нормализованном состоянии.

Нормализация – это вид термической обработки стали, заключающийся в нагреве её выше верхней критической точки, выдержке при этой температуре и последующем охлаждении на спокойном воздухе. Цель нормализации — придание металлу однородной мелкозернистой структуры и, как следствие — повышение его механических свойств.

Из заготовки с помощью отрезного станка, вырезали 2 образца, один оставили в исходном состоянии, а другой подвергли термической обработке. Схема термической обработки приведена на рисунке 3.

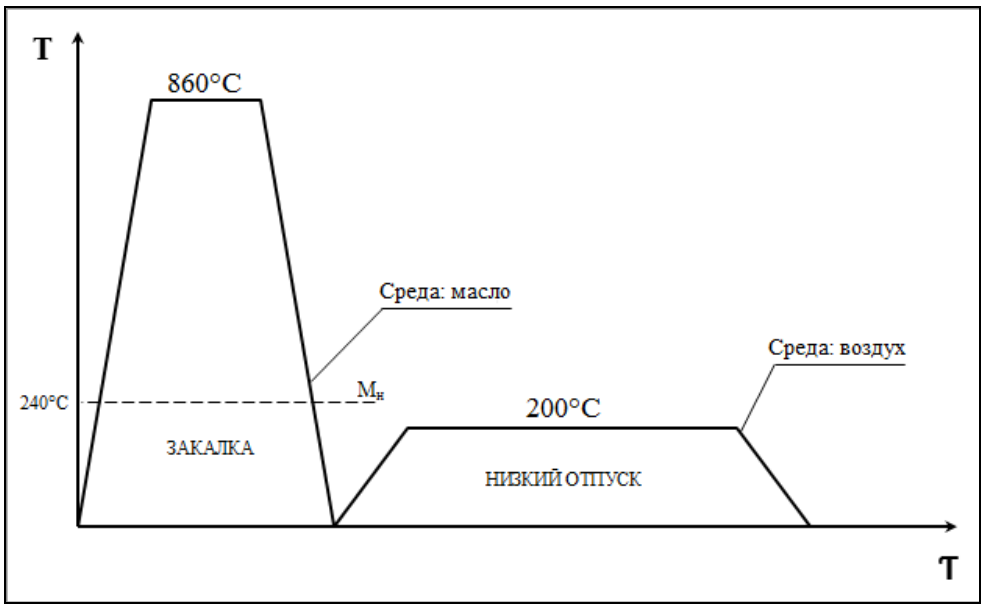


Рис. 3. Схема термической обработки

Закалка - это вид термической обработки металлов и их сплавов, заключающийся в их нагреве выше критической температуры (температуры изменения типа кристаллической решетки, т. е. полиморфного превращения) с последующим быстрым охлаждением (в нашем случае в масле). Цель закалки – получить максимальную твердость.

Закалку проводили при температуре Т=860°С, время выдержки в печи 15 мин., затем образец был охлажден в масле и прошел еще одну стадию термической обработки, называемую низким отпуском и состоящей в его нагреве до Т=200°С, с выдержкой в печи при этой температуре в течение 45 мин. Далее образец охлаждали на воздухе.

Отпуск – это термическая операция, состоящая в нагреве закаленного сплава ниже температуры превращения для получения более устойчивого структурного состояния сплава. Отпуск проводят с целью получения более высокой пластичности и снижения хрупкости материала при сохранении приемлемого уровня его прочности. Внешний вид после обработки ДР представлен на рисунке 4. Схема полученного покрытия представлена на рисунке 5.

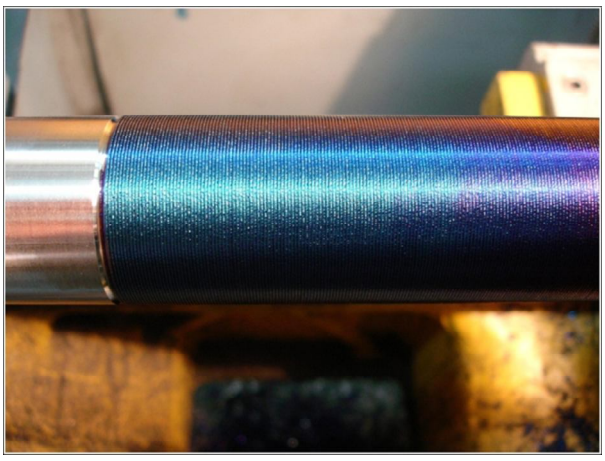


Рис. 4. Внешний вид вала после обработки методом ДР.

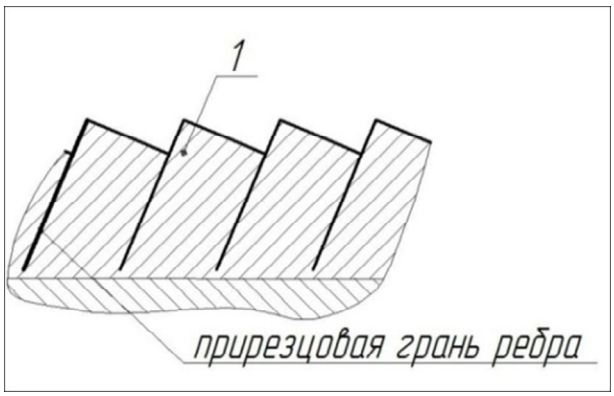


Рис. 5. Схема оребрёной структуры (наклонные ребра).

Следующий этап работ - подготовка микрошлифов в состояниях: нормализация, закалка + низкий отпуск и после ДР. Все образцы были запрессованы в смолу на оборудовании STRUERS CitoPress-10/-20. Шлифование и полировка осуществлялась на установке фирмы STRUERS LaboPol – 35.

Подготовленные образцы подвергались травлению 4% раствором HNO_3 в спирте. Этот реактив используется для выявления микроструктуры сталей и проведения качественного анализа образцов.

Металлографические исследования проводили на оптическом световом микроскопе OLYMPUS GX-51 при увеличении до 1000 крат.

Для более детального исследования проводили измерения микротвердости методом Виккерса с нагрузкой 50 грамм на оборудовании микротвердомер Durascan 70 по следующей методике: на образцах не подвергавшихся упрочнению ДР , а именно, нормализованном и закаленном в масле с последующим низким отпуском, проводили по 10 измерений; на образце, обработанным ДР измерения проводили на ребрах- была выстроена продольная дорожка с 20 отпечатками. Расстояние между отпечатками на нормализованном образце – 0,1мм, на всех остальных - 0,05мм.

Металлографические исследования показали следующее.

Сталь 40Х в нормализованном состоянии имеет структуру перлита с ферритной сеткой с твердостью 0,05HV 257.

Феррит-это фаза в железоуглеродистых сплавах, представляющая собой твердый раствор внедрения углерода в α-железе (Fe). Перлит – структурная составляющая стали, смесь феррита и цементита.

При закалке стали 40Х с Т=860°С и охлаждением в масле с последующим низким отпуском при Т=200°С получили мартенсит отпуска с твердостью 0,05HV419 (min 0,05HV352 - max 0,05HV 561).

Мартенсит - это фаза, представляет собой упорядоченный пересыщенный твёрдый раствор углерода в α-железе такой же концентрации, как у исходного аустенита. Эта фаза в сталях обладает максимальной твердостью.

Особое внимание следует уделить структуре, полученной при упрочнении поверхности с помощью деформирующего резания. При изучении микроструктуры наблюдаем четкую границу раздела между упрочненной поверхностью и исходной сердцевиной. В ребрах, полученных ДР, наблюдаем структуру мелкодисперсного мартенсита с ферритными зернами с твердостью в ребре 0,05HV 577 (min 0,05HV471 – max 0,05HV 679). Это говорит о том, что в процессе ДР произошел нагрев поверхностного слоя (ребер)

выше критической температуры, тем самым мы имеем закалку, произошедшую во время процесса, с быстрым отводом тепла в тело заготовки. Микротвердость сердцевины соответствует нормализованному состоянию.

Микроструктуры стали 40Х в состояниях: нормализация, закалка в масло+низкий отпуск и после обработки ДР показаны на рисунке 6.

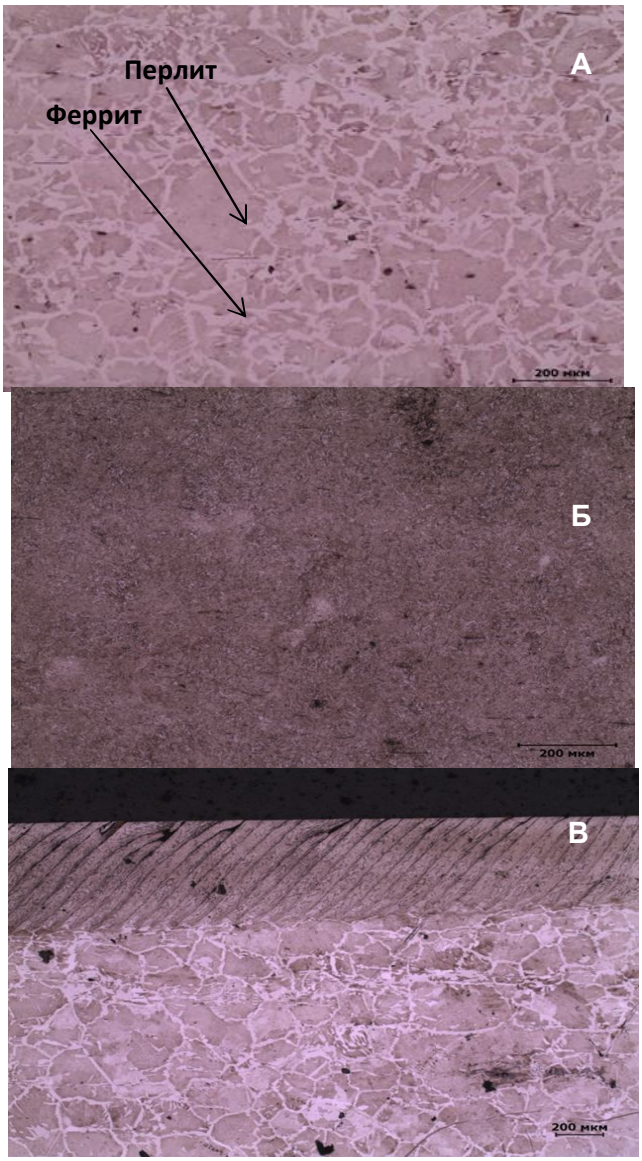


Рис. 6. Микроструктуры стали 40Х в состояниях:
А-нормализация, Б-закалка в масло, отпуск 200°С, В – после применения метода ДР

На рисунке 7 представлена сравнительная характеристика твердости исследованных образцов.

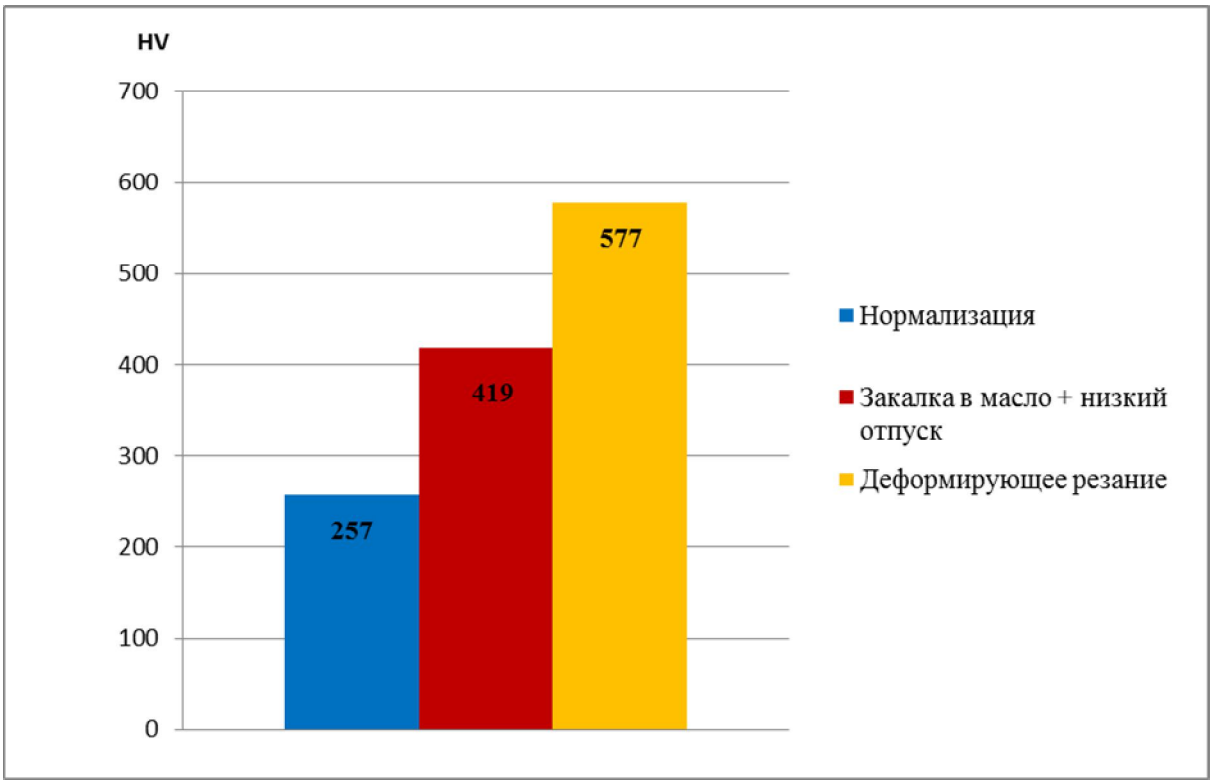


Рис. 7. Сравнительная характеристика твердости исследованных образцов

Выводы.

1) Полученные результаты металлографического исследования позволяют сделать вывод о том, что процесс ДР в стали 40Х приводит к получению оребренной поверхности с твердостью выше, чем твердость после закалки в масло с последующим низким отпуском.
2) Микроструктурные исследования образца с ДР выявили наличие двух четко разделенных зон: 1) зона сердцевины, имеющая твердость исходной заготовки, 2) упрочненная зона (ребра), с твердостью выше твердости сердцевины более чем в 2,2 раза.
3) Проведенные исследования позволяют предположить возможность использования стали, упрочненной ДР, в парах трения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гуляев А.П. Металловедение. Учебник для вузов (1986).
2. Васильев С.Г., Попцов В.В. Повышение твёрдости поверхности детали термическим воздействием с использованием деформирующего резания / жур. Извузмаш №12 2011.
3. Методические указания к лабораторным работам по курсу «Материаловедение»/Н.В. Васильев, Г.Г. Мухин, С.А. Пахомова и др.; под редакцией Г.Г. Мухина, А.С. Помельниковой. Издательство им. Н.Э. Баумана.

Технология получения многослойного листа из композиции «Ниобий-Медь»

ПЛОТНИКОВА Ольга Петровна
пос. Малаховка, МОУ СОШ №48, 11 класс

Научный руководитель:
Миронова Мария Олеговна, ассистент кафедры «Оборудование и технологии прокатки» МГТУ им. Н.Э. Баумана

Многослойные металлические материалы – конструкционные материалы, состоящие из двух и более слоев однородных или разнородных металлов и сплавов, соединенных между собой различными способами, такими как пластическая деформация, наплавка, сварка, пайка, совместная заливка и др. Композиционные материалы этой разновидности обладают комплексом уникальных свойств, отсутствующих у монолитных металлов и сплавов. Композиты, состоящие из двух основных слоев, называют биметаллами (например, титан – дюралюминий, титан – сталь, титан – медь и т.п.), однако для упрочнения вводят один или несколько промежуточных слоев (титан – ниобий – медь, титан – ванадий – медь – сталь).

По сравнению с монолитными, многослойные материалы обладают более высокими характеристиками (больший ресурс прочности, больший срок службы, более высокие ударная вязкость, пластичность и т.д., что связано с комбинированием свойств компонентов).

Существует множество способов создания многослойных материалов: прессование, напыление, прокатка, РКУП, литье, сварка взрывом, осадка, наплавка, пайка, ультразвуковая сварка и др.

Прокатка обладает такими преимуществами, как относительная простота технологии и, следовательно, возможность организации автоматизированного массового производства, а также возможность создания массивных заготовок. Эта технология позволяет обеспечить высокий уровень безопасности. Однако качество продукции напрямую зависит от качества оборудования и технологии производства.

Наноламинаты - это слоистые композиции с толщиной слоя менее 100 нм. Специфические качества наноструктурных материалов связаны с изменением некоторых фундаментальных свойств материала при уменьшении размеров зерна, а также с изменением соотношения некоторых объемных и поверхностных свойств. По сравнению с материалами обычной структуры изменяется температура плавления и размер кристаллической решетки.

С уменьшением размеров частиц растет их поверхностная энергия, в результате температура плавления снижается. Также установлено уменьшение параметра решетки металлов и других соединений. По теоретическим оценкам, наноструктурное состояние металлов и сплавов может повысить их прочность, а также вызвать появление низкотемпературной и/или высокоскоростной сверхпластичности (согласно обратному эффекту Холла-Петча). Эти возможности имеют огромное значение для разработки материалов, обладающих большими износостойкостью и прочностью, сплавов, обладающих сверхпластичностью, а также для повышения усталостной прочности металлов.

Таким образом, перспективность исследований в области многослойных материалов наноразмерной структуры не подлежит сомнению. Сочетание наноструктурности и ламинарного строения позволит объединить преимущества обеих разновидностей материалов.

В качестве основы был выбран метод многократной прокатки слоистых композитов, предложенный и развитый М.И. Карповым. Объектами эксперимента Карпова стали три композита: Fe-Fe (16 пластин толщиной 1 мм), Cu-Ni (16 пластин толщиной 1 мм), Cu-Nb (32 пластины толщиной 0,35 мм). Исходные пластины размером 50 х 100 мм обработали шлифовальной бумагой для удаления окислов и придания шероховатости, затем собрали в пакет и скрепили на углах заклепками. Прокатку в вакууме проводили при температуре 750-800°С (время выдержки образца составляло 15 мин) в два прохода с суммарным обжатием 50% для первых двух композитов и 40% для третьего. Далее прокатка происходила на воздухе при температуре 20°С с обжатием 10% за проход.

В случае Cu-Nb был получен наноламинат со средней толщиной слоев 11 нм, границы между слоями сохранили четкость. Наибольший интерес вызывает изменение характера упрочнения при холодной прокатке: параболический рост твердости с деформацией в 1-м и 2-м циклах сменился на линейный в 3-м цикле. Переход от 2-го к 3-му циклу сопровождается также значительным ростом начальной твердости композита. У обычных материалов наблюдается параболическая зависимость твердости от деформации, при которой рост твердости замедляется с увеличением деформации. Это является результатом динамического возврата в процессе деформации. Отклонение от такой зависимости в сторону линейного роста твердости с деформацией означает отсутствие динамического возврата. Переход к этому новому качеству композита происходит при толщине слоев 680— 340 нм. Возможной причиной такого перехода является изменение механизма деформационного упрочнения.

Динамический возврат происходит, если упрочнение связано с взаимодействием движущихся дислокаций с дислокационными скоплениями, формирующимися в результате взаимодействия движущихся дислокаций в пересекающихся плоскостях (стенками дислокационных ячеек). В обычных металлах с размером зерен 30 мкм и более размер дислокационных ячеек составляет 200—1000 нм. В случае, когда размер зерна становится соизмеримым с размером дислокационных ячеек, они вообще не образуются, и единственными стопорами для движущихся дислокаций являются границы зерен. В нашем случае таковыми являются границы слоев ниобия и меди, толщина которых определяет длину плоскости скольжения дислокаций. Если это действительно так, то рост твердости с деформацией связан только с уменьшением толщины слоев в композите при прокатке.

В экспериментальной части работы была проведена прокатка двух капсул композиции Cu-Nb при температурах 500˚С и 800˚С. Суммарная степень обжатия в обоих случаях составила 95%. Прочие условия, такие как скорость прокатки и степень обжатия, не изменялись.

В результате экспериментов были получены силы прокатки данной композиции при разных температурах и сделано электронное изображение структуры многослойного материала после прокатки до 5мм и до 2 мм. При сравнении снимков выяснилось, что при более высокой температуре прокатки распределение слоев оказывается более равномерным.

Стальные капсулы существенно смазали картину, поэтому для более точной оценки влияния температуры на прокатку цветных металлов и сплавов необходимо повторить эксперимент в капсуле, сделанной из другого материала, сходного с медью и ниобием по пластичности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Каракозов Э.С. Сварка металлов давлением. – М.: Машиностроение, 1986. – 275 с.
2. Астров Е.И. Плакированные многослойные металлы. – М.: Металлургия, 1965. – 239 с.
3. Гельман А.С. Основы сварки давлением. – М.: Машиностроение, 1970. – 312 с.
4. Голованенко А.С. Сварка прокаткой биметаллов. – М.: Металлургия, 1977. – 158 с.
5. Слоистые металлические композиции // И.Н. Потапов, В.Н. Лебедев, А.Г. Кобелев и др. – М.: Металлургия, 1986. – 217 с.
6. Король В.К., Гильденгорн М.С. Основы технологии производства многослойных металлов. – М.: Металлургия, 1970. – 237 с.
7. Целиков А.И., Никитин Г.С., Рокотян С.Е. Теория продольной прокатки.- М.: Металлургия, 1980.- 320с.
8. Колесников А. Г, Мечиев Ш. Т., Панова И. Ю. Состояние и перспективы применения многослойных металлических заготовок // Заготовительные производства в машиностроении. – 2008. – №1. С. 42-43
9. Колесников А.Г., Плохих А.И., Комиссарчук Ю.С., Михальцевич И.Ю. Исследование особенностей формирования субмикро- и наноразмерной структуры в многослойных материалах методом горячей прокатки // МиТОМ.-2010.- № 6. С. 44-49
10. Кобелев А. Г., Потапов И. Н., Кузнецов Е. В. Технология слоистых металлов. – М.:
11. Металлургия, 1991. – 247 с.
12. Кобелев А. Г., Лысак В. И., Чернышев В. Н., Быков А. А., Востриков В. П. Производствометаллических слоистых композиционных материалов. – М.: Интермет. Инжиниринг, 2002 – 496 с.

Исследование демпфирующих характеристик магнитореологических эластомеров

ОНДРИН Максим Сергеевич,
г. Москва, ГБОУ СОШ № 549, 11 класс

Научный руководитель:
Михайлов Валерий Павлович, профессор кафедры «Электронные технологии в машиностроении» МГТУ им. Н.Э. Баумана

Актуальность работы. Производство микроэлектронной продукции связано с множеством проблем, одной из которых является воздействие вибраций на технологическое оборудование. При изготовлении микроэлектронных компонентов, размеры которых не превышают нескольких микрометров, малейшие вибрации приводят к браку, поэтому необходима виброзащита платформ, на которых установлено оборудование. Колебания высокой частоты успешно изолируются при помощи систем пассивной виброзащиты. Гораздо более опасными являются колебания с низкими частотами, для устранения которых и используются системы активной виброизоляции.

В настоящее время применяются различные типы виброизолирующих устройств: пьезоэлектрические, электромагнитные, гидравлические, пневматические и т.д. Кроме того, они могут быть пассивные и активные, в зависимости от того, подводится к ним дополнительная внешняя энергия для уменьшения амплитуды колебаний или нет. Основным параметром, характеризующим виброизолирующую систему, является коэффициент передачи, равный отношению амплитуд виброперемещений изолируемого оборудования и основания.

Пьезоэлектрические активные демпфирующие устройства (пьезотрубки, рис. 1), пьезприводы обеспечивают точностные и динамические требования, но имеют невысокие нагрузочные характеристики (до 5 кг) и малый диапазон перемещений (± 24 мкм) (данные компании PI Ceramic). Кроме того, эффективность поглощения энергии колебаний в пьезоэлектрическом материале невысока, поскольку в пьезокристалле преобладают упругие деформации. При этом активная виброизоляция происходит за счет перемещения изолируемого объекта в противофазе внешним колебаниям в режиме стабилизации ускорения или положения [2].

Электромагнитные виброизолирующие устройства характеризуются, как правило, наличием длинных кинематических цепей, которые ухудшают динамику и точность виброизоляции вследствие малой жесткости и наличия сил трения в передаточных элементах [3].

Гидравлические и пневматические демпферы работают в большинстве случаев в пассивном режиме и не обеспечивают требуемого качества виброизоляции (точности и быстродействия стабилизации изолируемого объекта, степени подавления вибраций) [4-6]. Это обусловлено наличием сил трения в гидро- и пневмоцилиндрах и управляющих элементах (золотниковых и мембранных регуляторах), сжимаемостью рабочей среды, Кроме того, вязко-упругие системы пассивной виброизоляции эффективно подавляют вибрации, как правило, при частотах более 200 Гц. В низкочастотной области такие системы малоэффективны, т.к. при наличии возбуждающих воздействий возникают интенсивные резонансные колебания, что является главным и трудно устранимым

недостатком пассивной вязко-упругой подвески. Для решения задачи снижения вибраций во всем диапазоне рабочих частот необходимо использовать комбинированные системы демпфирования: пассивные при высоких частотах и активные при частотах от 0,5 до 200 Гц.

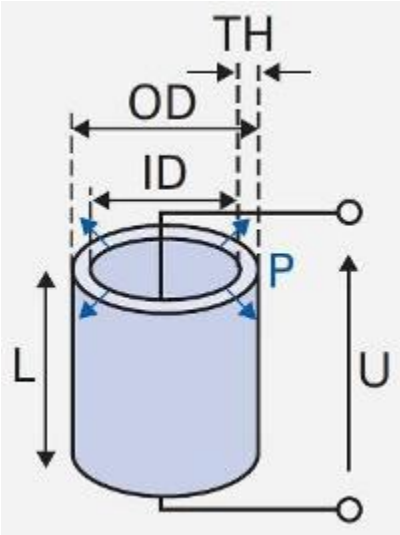


Рис. 1. Пьезотрубка [7]

Таким образом, проблема создания систем активной виброизоляции в низкочастотном диапазоне от 0,5 до 200 Гц с высокой степенью подавления колебаний для прецизионного оборудования является чрезвычайно актуальной.

В МГТУ им. Н.Э. Баумана разработаны новые прецизионные активные демпферы на основе магнитореологических (МР) эластомеров (рис. 2). Преимуществами таких демпферов являются больший диапазон перемещений (до 1 мм) и более эффективное поглощение энергии колебаний по сравнению с пьезоэлектрическими демпферами в низкочастотном диапазоне от 0,5 до 200 Гц, возможность активного управления амплитудно-частотными характеристиками с миллисекундным быстродействием и субмикронной точностью перемещений.

Целью работы является оценка демпфирующих свойств МР-эластомера и экспериментальные исследования основных рабочих характеристик активного демпфера на основе МР-эластомера: быстродействия, гистерезиса и др.

Содержание работы. Предлагаемая работа включает описание работы демпфера на основе МР-эластомера, методику проводимых экспериментов по исследованию характеристик, соответствующие расчеты и анализ результатов.

Используемые методы. В работе использовано экспериментальное оборудование, включающее в себя МР-демпфер, соответствующую программную среду обработки LabView. При получении результатов использованы стандартные методы статистического анализа экспериментальных данных.

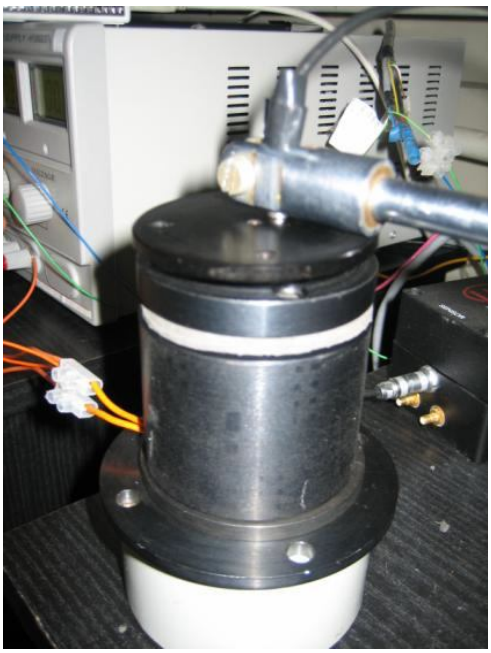


Рис. 2. Активный демпфер на основе магнитореологического эластомера [6].

На рис. 3 представлена функциональная схема системы управления (СУ), состоящая из входного блока питания (1), подающего входной ступенчатый сигнал; элемента сравнения (2); усилителя постоянного тока (УПТ) (3); демпфера (Д) (4) и датчика перемещений (5).

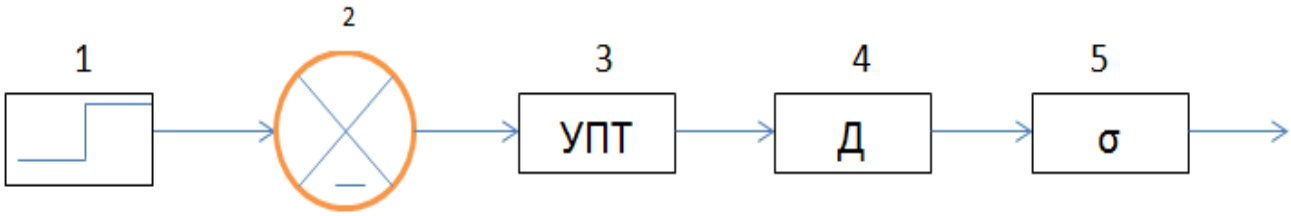


Рис. 3. Функциональная схема СУ

Проведение экспериментов по определению механического гистерезиса. Для определения механического гистерезиса демпфера на электромагнитную катушку с блока питания (БП) подавалось фиксированное значение силы тока с шагом 0,5 А (до 2 А максимум). Перемещения МР-демпфера измерялись емкостным датчиком (Д) при помощи системы управления на основе персонального компьютера (ПК). Сигнал от емкостного датчика перемещения поступал через АЦП в компьютер, сохранялся и отображался на экране монитора (рис. 4). Данный эксперимент был проведен в различных вариантах с нагружением демпфера грузами массой 20, 40, 65 г.

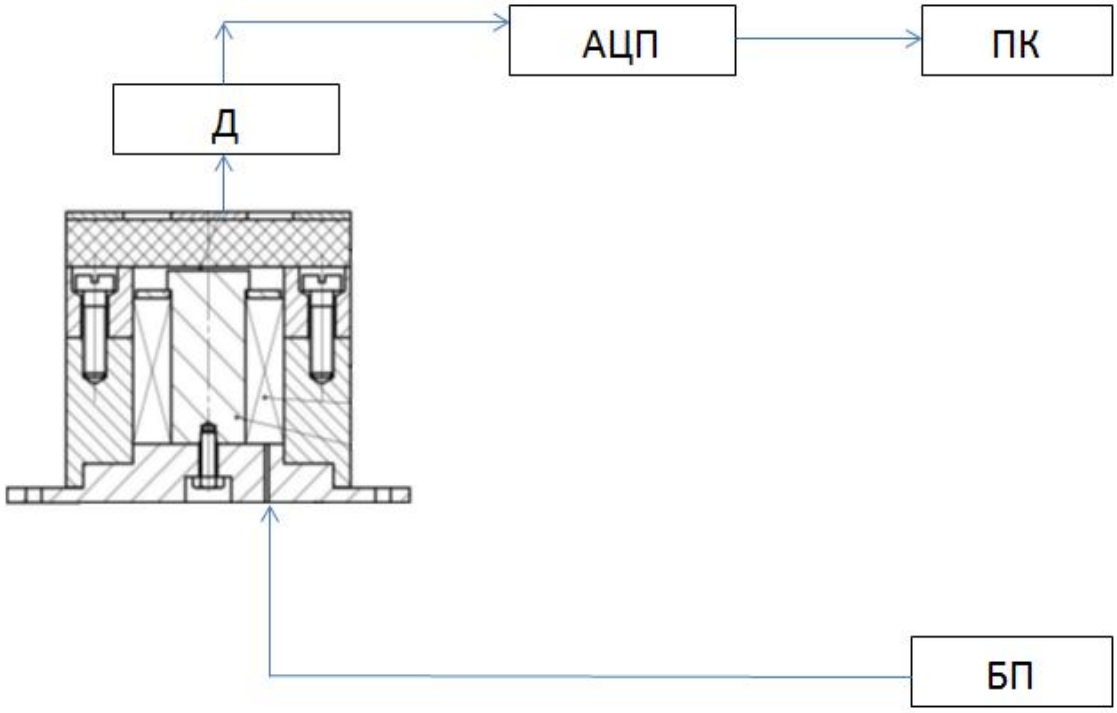


Рис. 4. Схема экспериментального стенда

Полученная зависимость перемещений мембраны демпфера от силы тока, подаваемого на электромагнитную катушку, и от нагрузки представлена на рис. 5.

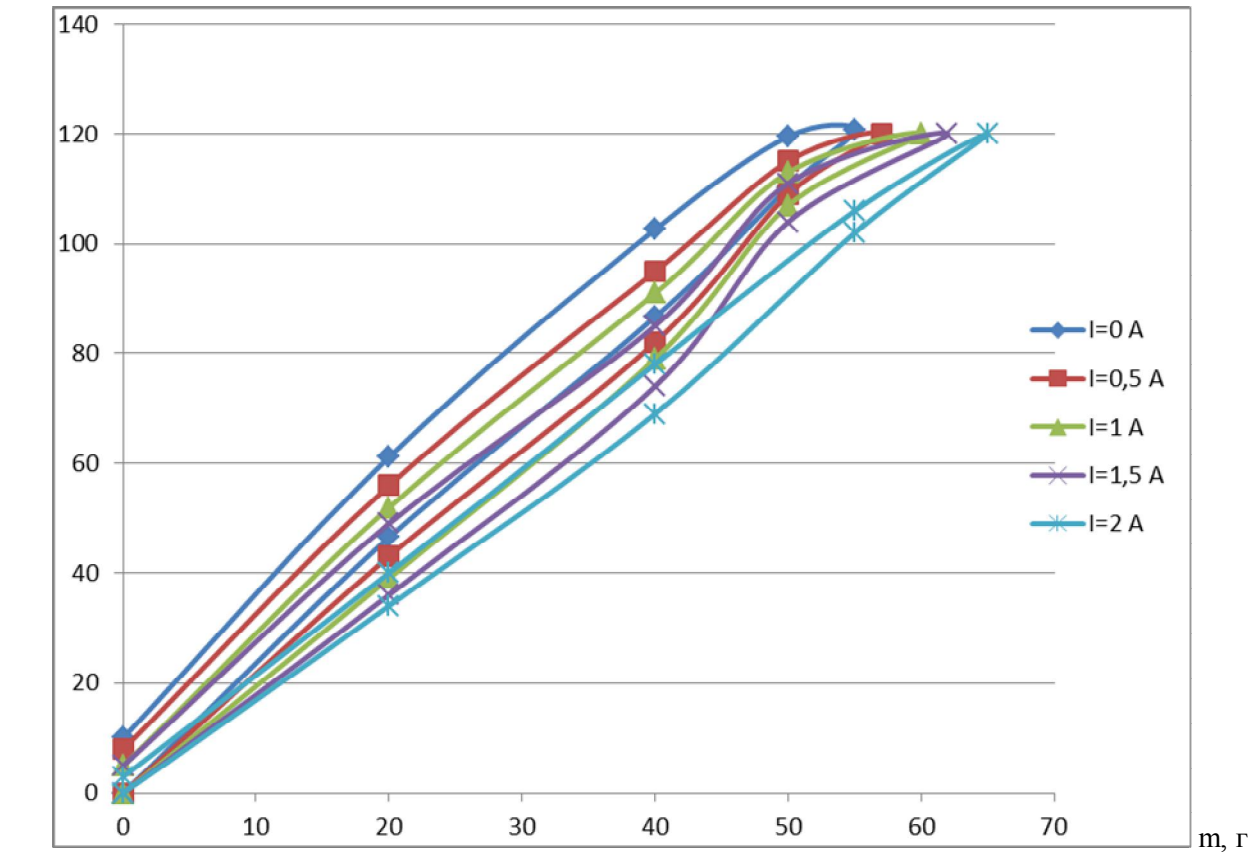


Рис. 5. Механический гистерезис МР-демпфера

Проведение экспериментов по определению времени переходного процесса.

При проведении исследований переходных процессов при перемещении МР-демпфера для нагрузок 0Н; 0,2Н; 0,5Н; 1Н и для входного ступенчатого управляющего сигнала 1А были получены следующие значения времени переходного процесса: 0,3 мс, 0,4 мс, 0,6 мс и 0,9 мс соответственно. Перемещения МР-демпфера измерялись емкостным датчиком при помощи системы управления на основе персонального компьютера (ПК). Сигнал от емкостного датчика перемещения поступал через АЦП в компьютер, сохранялся и отображался на экране монитора.

Проводились измерения перемещения МР-демпфера без нагрузки и со статической нагрузкой. На платформе демпфера устанавливался груз массой 20г, 50г и 100г и подавалось фиксированное значение тока от 0,1 до 1А (с шагом 0,1 А) в виде ступенчатого сигнала.

Процесс позиционирования демпфера носит классический вид апериодического переходного процесса, графики которого представлены ниже.

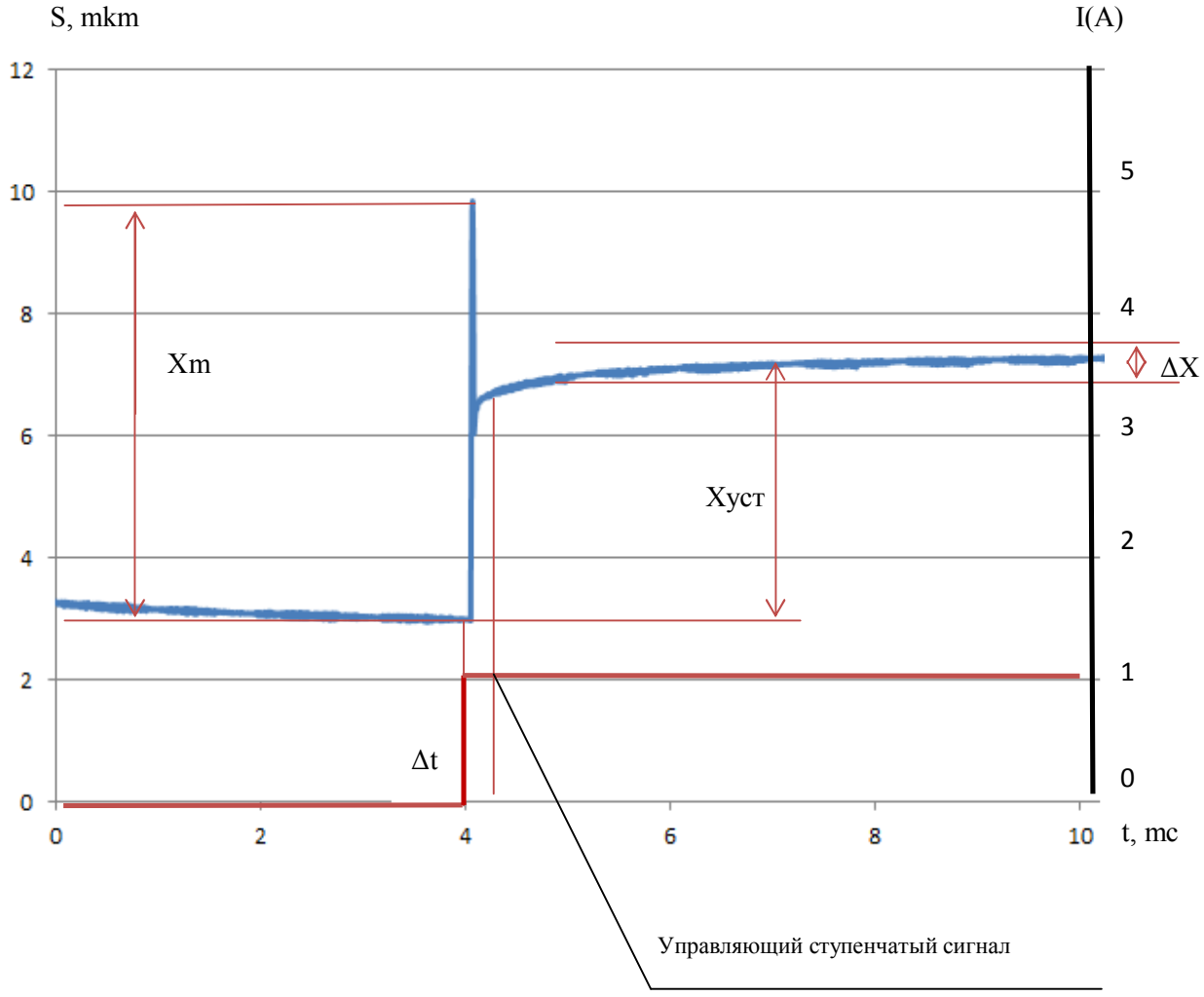


Рис. 6. Переходный процесс МР-демпфера при I=1А для нагрузки 0Н

(Xm - максимального перемещение, Xуст - установившееся перемещение, Δt(0,3 мс) – время переходного процесса, Δx - трубка точности)

Проведение экспериментов по определению магнитного гистерезиса. Для определения магнитного гистерезиса демпфера на электромагнитную катушку подавалось фиксированное значение силы тока с шагом 0,1 А (до 1 А максимум) и обратно. Возникающая магнитная индукция фиксировалась миллитесламетром. Полученная зависимость магнитной индукции от силы тока, подаваемого на электромагнитную катушку, представлена на рис. 7.

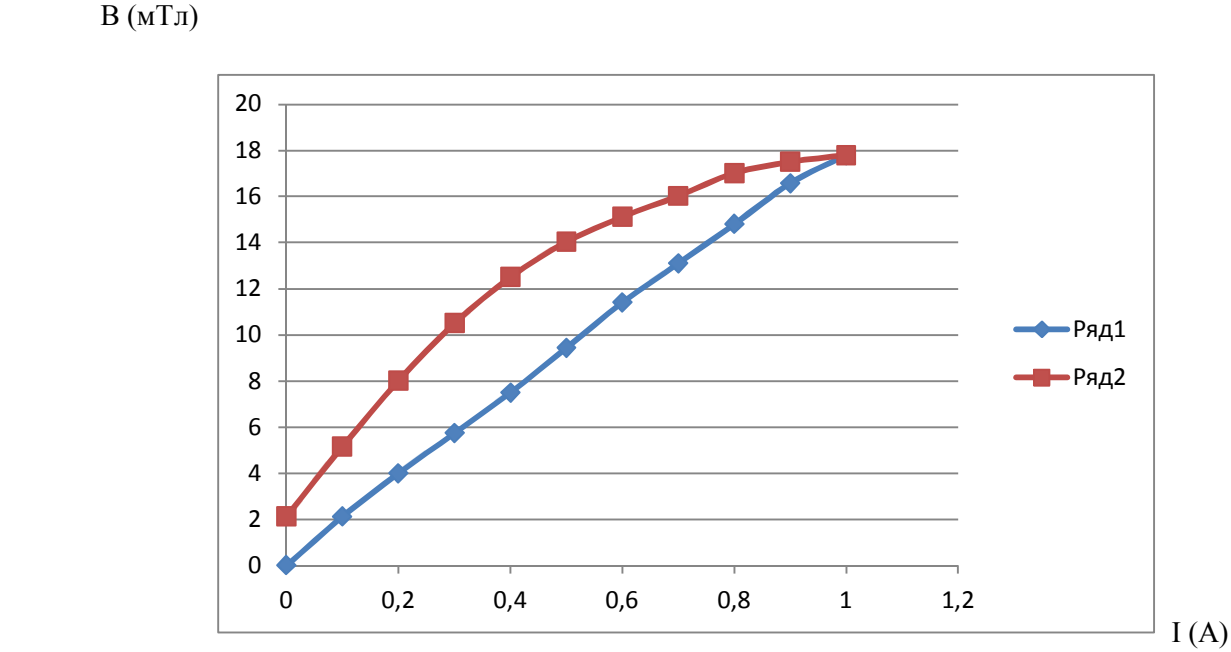


Рис. 7. Магнитный гистерезис МР-демпфера

Выводы.

1) Площадь петли гистерезиса определяет эффективность поглощения энергии колебаний МР-демпфером. С ростом силы тока, подаваемого на электромагнитную катушку, возрастают силы сопротивления между соседними слоями МР-эластомера, и демпфер совершает большую работу для погашения колебаний.
2) С увеличением нагрузки на демпфер возрастает его инерционность и время переходного процесса при позиционировании. Также увеличивается количество колебаний, совершаемых демпфером, и возрастает величина перерегулирования.
3) МР-демпфер имеет остаточную индукцию, равную 2 мТл. Этот параметр оказывает существенное влияние на точностные (необходимо совершить несколько раз реверсивные колебания, чтобы попасть в нужную точку позиционирования) и динамические (определенному току соответствует разброс значений координат демпфера) характеристики демпфера, а также на эффективность поглощения энергии колебаний МР-эластомером.

ЛИТЕРАТУРА

1. Миниатюрные линейные пьезоэлектрические двигатели/Самарин Александр. «Компоненты и технологии» №10'2006.
2. Управление активной виброизоляцией и позиционированием магнитореологических устройств / В.П. Михайлов, Г.В. Степанов, А.М. Базиненков, И.К. Зобов, К.Г. Шаков «Нано- и микросистемная техника», - 2011, №7, - С. 5 – 9 с.
3. Mechanics and Physics of Precise Vacuum Mechanisms: FMIA Volume 91/ E.A. Deulin, V.P.Mikhailov, Y.V. Panfilov, R.A. Nevshupa / Series Editor R. Moreau, Springer, 2010. – 234 p;
4. Магнитореологические устройства активной виброизоляции и позиционирования для прецизионного вакуумного оборудования / Шаков К.Г., Михайлов В.П., Базиненков А.М. «Вакуумная техника и технология», 2011, Т.21, № 3, С. 165-169
5. Моделирование и исследование систем активной виброизоляции на основе магнитореологических материалов / Шаков К.Г., Михайлов В.П., Базиненков А.М. Высокие технологии в промышленности России: Материалы шестнадцатой международной научно-технич. конференции.– М., 2010.–С. 283-289
6. Система активной виброизоляции на основе магнитореологических эластомерных для нанотехнологического оборудования / Селиваненко А.С., Студенческая научная весна 2012: Машиностроительные технологии. Материалы научно-технической конференции.-М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2012. – 268 с.

Изучение процесса создания и подготовки модели для лазерной стереолитографии

ШКИТИН Глеб Александрович,
г. Москва, лицей № 1580, 11 класс

Научный руководитель
Малов Илья Евгеньевич, к.т.н., доцент кафедры
«Лазерные технологии в машиностроении»
МГТУ им. Н.Э. Баумана

В последнее десятилетие технологии быстрого прототипирования имели бурный рост в индустриально развитых странах. Быстрое прототипирование – это послойное создание физического объекта, который соответствует трёхмерной компьютерной модели. В отличие от традиционных методов производства, быстрое прототипирование не предусматривает удаление материала (фрезеровка, сверление, стачивание) или изменение его формы (штамповка, ковка, изгиб, раскатывание). Объемное прототипирование изделий выполняется путем послойного наращивания материала, из которого состоит модель, до образования единого целого - готового изделия.

Существуют различные методы быстрого прототипирования. Каждый из методов наилучшим образом подходит для выполнения определённого круга задач. На основе краткого сравнительного анализа между селективным спеканием, нанесением термопластов и лазерной стереолитографией было выявлено, что для выращивания представленной в работе модели наиболее оптимальным вариантом является метод лазерной стереолитографии. Это обуславливается такими преимуществами данной технологии перед другими, как: высокая точность выращивания и сложность пространственной топологии получаемых объектов.

Основой стереолитографии является локальное изменение фазового состояния однородной среды - переход жидкости в твёрдое тело в результате фотоинициированной в заданном объеме полимеризации. Лазерная стереолитография позволяет в кратчайшие сроки, от нескольких часов до нескольких дней, пройти путь от конструкторской или дизайнерской разработки до готовой модели детали.

Процесс подготовки модели к выращиванию начинается с того, что в емкость с жидким фотополимером помещается сетчатая платформа, на ней будет происходить выращивание прототипа. Изначально платформа находится на глубине от 0.025 до 0.150 мм — это и есть приблизительная толщина слоя в стереолитографии. Далее лазер воздействует на те участки полимера, которые соответствуют стенкам целевого объекта, вызывая их затвердевание. После этого вся платформа погружается чуть глубже, на величину, равную толщине слоя. По завершении построения объект погружают в ванну со специальными составами для удаления излишков и очистки (рис. 1). И, наконец, финальное облучение светом для окончательного отвердевания.

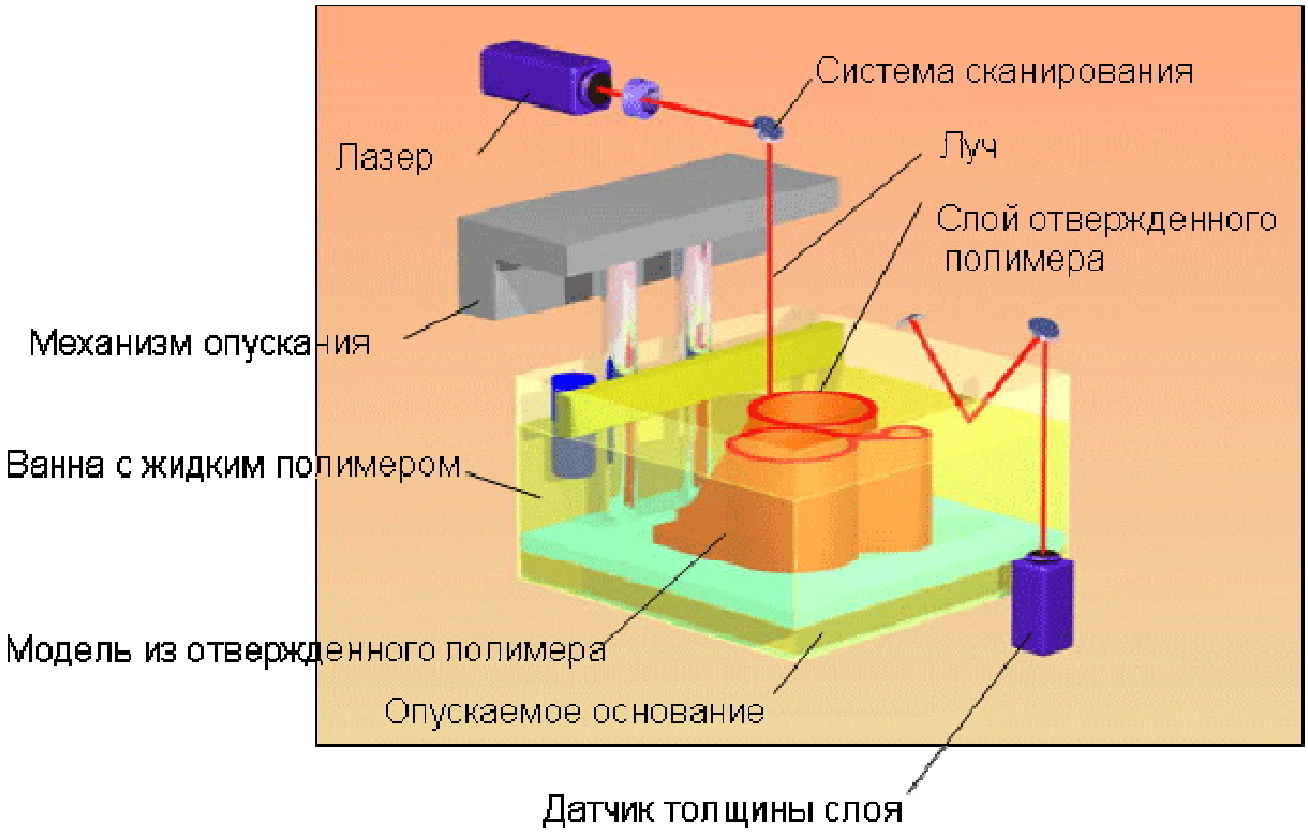


Рис. 1. Процесс выращивания детали

Лазерная стереолитография применяется, например, в машиностроении для получения литьевой оснастки, визуализации дизайна, для проверки собираемости изделия, проверке эргономических и аэрогидродинамических параметров. Помимо массового производства стереолитография применяется в создании различных дизайнерских прототипов, макетов различных изделий и сборок и т.д. Стереолитография также нашла своё место и в медицине. Например, с помощью SLA-метода выращиваются различные медицинские прототипы. Помимо этого могут быть восстановлены различные объекты по данным рентгена или томографии. Вообще, области применения не ограничиваются лишь вышесказанными и могут варьироваться от археологии до криминалистики. SLA-технологии работают с трёхмерными компьютерными моделями. Существует множество программ трёхмерного моделирования, основанных на различных принципах построения: твердотельном, каркасном, полигональном и др. Каждый такой метод работает с разными объектами.

При кратком сравнительном анализе двух программ, основанных на полигональном и твердотельном моделировании, было выявлено, что наиболее подходящей для стереолитографии является программа твердотельного моделирования, так как при построении в ней нельзя допустить серьёзные ошибки, например самопересечение поверхностей, которые существенно усложнят или вовсе не позволят произвести выращивание. Модель в работе была выполнена в программе твердотельного моделирования Solid Works. Начальным этапом построения является разработка двухмерного эскиза с указанием размеров и установлением взаимосвязей. После этого эскиз вытягивается на задаваемую высоту инструментом «Бобышка-Вытянуть». Так как нужно построить оболочку, то с помощью

инструмента «Оболочка» удаляются ненужные грани и задаётся толщина самой оболочки. В итоге с помощью рисования эскизов на поверхностях, создания дополнительных плоскостей, использования инструментов «Бобышка-вытянуть», «Бобышка-вырезать», «Заполнение по сечениям» и т.д. строится модель (рис. 2).После готовая модель сохраняется в определённом формате с выбором оптимальных параметров точности.

Рис. 2. Готовая трёхмерная модель

Для подготовки моделей к выращиванию существуют специальные программы-приложения. Они бывают специализированными и универсальными. Специализированные программы снабжены библиотеками модельных материалов с параметрами. Универсальные же программы имеют преимущества в том, что они работают со всеми известными типами установок, а также могут создавать установки с новыми параметрами. Такие программы работают со специальным форматом STL, который представляет собой триангулированные трёхмерные модели. Для подготовки к выращиванию в работе использовалась универсальная программа Magics. Сначала важно провести верификацию. Верификация - это процесс поиска и устранения ошибок, таких как: разорванные и вырожденные треугольники,

самопересекающиеся плоскости и так далее. Потом необходимо создать или выбрать уже имеющуюся установку и задать размеры платформы. Затем выбирается наиболее оптимальное положение модели в пространстве над платформой выращивания, с точки зрения скорости построения и шероховатости некоторых плоскостей. После этого создаются подпорки, функциями которых являются предотвращение прогибов, нависающих и не связанных частей модели в процессе выращивания. После создания подпорок разбиваем модель на слои. В конце необходимо сохранить подготовленную модель в читаемом определённой установкой формате. Это делается с помощью специальных параметров сохранения.

В итоге, основываясь на проведённой работе, можно сказать, что метод лазерной стереолитографии лучше всего подходит для создания разработанной модели, а для её подготовки оптимальной программой является универсальная программа Magics.

ЛИТЕРАТУРА

1. Журнал «Оптическая техника»/№1 (13)б 1998 авт.: А.Н. Антонов, А.В. Евсеев, С.В. Камаев, В.Б. Кулаков, Е.В. Коцюба, М.А. Марков, М.М. Новиков, В.Я. Панченко, Н.М. Семешин, В.П. Якунин
2. Rapid prototyping & Manufacturing: Fundamentals of StereoLithography. First edition. Author: Paul F. Jacobs, Ph. D.; David T. Reid Publications

Конструкция волочильного инструмента для деформационного наноструктурирования при производстве проволоки

СВЕТЛОРУСОВА Анастасия Михайловна
г. Покров, МБОУ СОШ № 1, 11 класс

Научный руководитель:
Чихачёва Надежда Юрьевна,
учитель физики и математики
г. Покров, МБОУ СОШ № 1

Современный этап развития отечественного и мирового машиностроения характеризуется широким применением различных нанотехнологий. Оптимальные заготовки деталей будущих машин получаются в основном наиболее рациональными методами, основанными на пластической деформации материалов в холодном и горячем состоянии: прокатка, волочение, штамповка, ковка и т.п. При этом механизмы пластической деформации наиболее приспособлены к наноструктурированию получаемых изделий за счёт измельчения зёрен исходной структуры материалов, что в итоге обеспечивает оптимальное сочетание пластических и прочностных свойств.

Свежим примером таких технологий является получение многослойных заготовок с наноразмерной структурой методом горячей прокатки (руководитель работы - лауреат Государственной премии РФ, декан факультета «Машиностроительные технологии» МГТУ им.Н.Э.Баумана, профессор, доктор технических наук А.Г. Колесников). Метод заключается в многократной прокатке многослойной сварной заготовки из различных материалов, в результате чего получается наноструктурированный материал, например углеродистая сталь с включениями из титана.

Другое направление - применение схемы равноканального углового волочения [1], которая является целью настоящей работы.

1. Критический анализ существующего инструмента для углового равноканального волочения (рис. 1).

Наиболее близким аналогом предстоящей разработки является инструмент для равноканального углового протягивания (волочения) проволоки, представленный в работе [1]. Недостатками данного инструмента являются следующее:

- трудности в получении плавного перехода и сопряжения каналов $Д_1$ и $Д_2$, представляющих собой соответственно окружность и эллипс;
- большие усилия волочения в результате наличия углового участка инструмента и затрудненных условий поступления смазки в контактную зону.

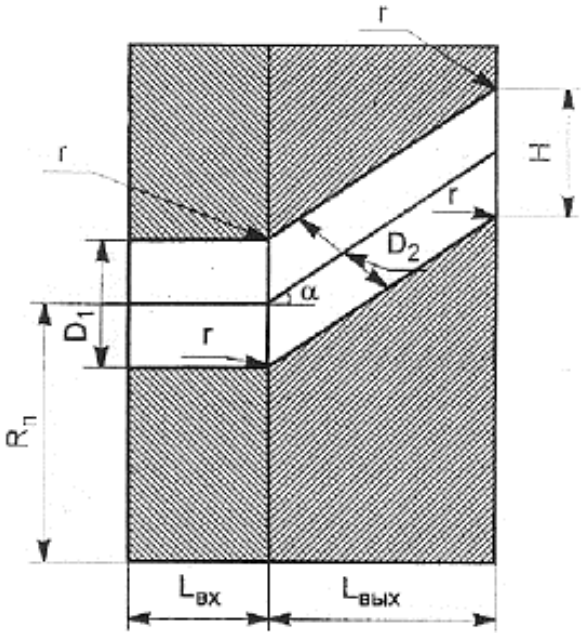


Рис. 1. Принципиальная схема инструмента для деформационного наноструктурирования проволоки, способ РКУ протяжки

2. Разработка прогрессивной конструкции волочильного инструмента для деформационного наноструктурирования при производстве проволоки.

Осуществляя в качестве исходного принцип волочения через угловой канал волоки (фильеры), выполним каналы в виде конусов (рис. 2), оси которых расположены под углом β ,где $Д_1$ – диаметр заготовки, перемещаемой через инструмент, α – угол при вершине производящих конусов. Наличие конического канала левой половины инструмента позволяет дополнительно деформировать (обжать) заготовку. Окончательный вариант конструкции инструмента представлен на рис. 3. Данный инструмент состоит из двух половин 1 и 2, соединенных разрезным пружинным кольцом 3. В сборе половины 1 и 2 запрессованы в обойму 4. Другое новшество заключается в использовании металлоплакирующей смазки, реализующей «эффект безызносности при трении», а также регулярный микрорельеф поверхностей рабочих каналов по аналогии с работой 2. Это позволяет снизить усилия при обработке и повысить износостойкость инструмента.

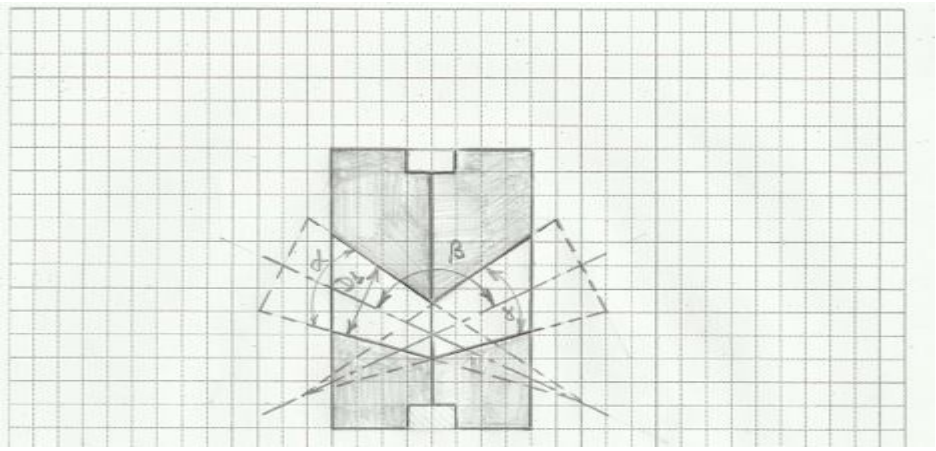


Рис. 2. Схема образования рабочего канала инструмента

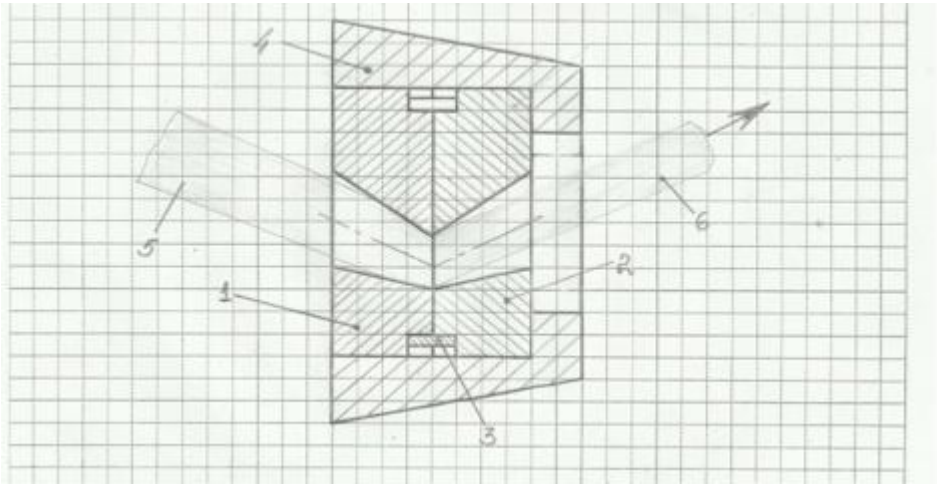


Рис. 3. Окончательный вариант принципиальной конструкции инструмента

При этом упрощается конструкция и технология изготовления инструмента. Так конические каналы в половинах 1 и 2 (рис. 3) до их закалки на высокую твёрдость можно выполнить сверлением, а после обработать притирами.

Следующим этапом указанных исследований будет математическое описание формы рабочего канала инструмента в плоскости сопряжения половин 1 и 2. По предварительному предположению форма канала в этом месте – овал.

Далее разработанный инструмент может быть эффективно использован в линиях по волочению проволоки по аналогии с работой [1].

Выводы.

В результате изучения аналога [1] и последних достижений в технологии волочения крупных профилей разработан более совершенный и эффективный инструмент для деформационного наноструктурирования при производстве проволоки со специальными свойствами.

Выполнение угловых каналов в виде конусов обеспечивает более свободное пластическое течение обрабатываемого материала за счёт переходных участков. При этом можно с меньшим усилием достичь больших сдвиговых деформаций в поверхностном слое получаемого изделия, которые и обеспечивают эффективное наноструктурирование в виде получения мелкозернистой структуры обрабатываемого материала.

ЛИТЕРАТУРА

1. Чукин М.В., Корчуков А.Г. и др. Применение метода деформационного наноструктурирования в технологических процессах производства проволоки//Технология машиностроения, 2013, № 4, с.5-9.
2. Щедрин А.В., Гаврилов С.А. и др. Повышение качества и производительности методов комбинированной обработки инструментом с регулярной микрогеометрией поверхности на основе применения металлоплакирующих смазок//Упрочняющие технологии и покрытия, 2011, № 8,с.-21-25.

СЕКЦИЯ II. ИНФОРМАТИКА И СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

Графопостроитель на дистанционном управлении

ПАНКОВ Сергей Александрович,
г. Кондрово, МКОУ «Кондровская СОШ № 3»,11 класс

Научный руководитель:
Карпунин Александр Александрович, к.т.н., доцент кафедры «Системы автоматического управления» МГТУ им. Н.Э. Баумана.

Идея создания графопостроителя на дистанционном управлении пришла совершенно случайно при просмотре интересных самоделок в интернете. Изначально возник вариант автономного устройства, которое позволяет наносить на вертикальную плоскость произвольные геометрические фигуры. После достижения желаемого результата была предложена новая идея для данного приспособления: установка должна рисовать. И не простейшую графику, а нечто похожее на человеческие портреты.

Целью данного проекта является разработка и создание автономного устройства, способного рисовать картины по заранее сделанным фотографиям при помощи псевдографики. В данное время большое развитие получило автоматизирование привычных процессов деятельности человека. Одним из таких процессов является создание рисунков. Подобные роботы уже созданы в некоторых зарубежных технических лабораториях. Причём некоторые из них основаны на рисовании картин при помощи псевдографики, а некоторые используют 24 цвета и могут создавать действительно впечатляющие работы. Именно эти роботы побудили меня к созданию данной установки.

Робот при помощи WEB-камеры делает фотографию человека или предмета, после чего полученное изображение переводится в псевдографику. На рабочей плоскости (лист или планшет, на котором робот рисует картину) задаётся прямоугольная система координат. На ввод роботу посылается набор координат символов псевдографики. После этого робот начинает рисовать, передвигаясь по рабочей плоскости на ленточном подвесе.

Устройство представляет собой подвижную механическую конструкцию, имеющую возможность перемещаться в рабочей плоскости при помощи двух моторов. На неё укрепляется маркер или другой пишущий предмет, с помощью которого и осуществляется процесс рисования. Управляется устройство дистанционно при помощи компьютерных программ. Они высчитывают необходимые величины и передают сигнал по Bluetooth- каналу микроконтроллеру, который в свое время обеспечивает работу всей установки.

Конструкция данного робота представляет собой текстолитовое крепление для маркера. Данный материал достаточно прочен и легок в обработке, что делает его отличным материалом для сборки устройств в домашних условиях. Маркер предназначен для нанесения на рабочую поверхность символов псевдографики. Перемещение данной конструкции осуществляется при помощи двух моторов, расположенных по верхним углам рабочей плоскости. На обоих моторах находятся катушки с закреплёнными на них концами двух лент. Оставшиеся концы крепятся к самой подвижной конструкции.

Таким образом, вращение моторов осуществляет передвижение маркера по координатной плоскости. Так же на роботе установлена система для того, чтобы отодвигать маркер от рабочей поверхности. Установка представлена на рис. 1, электрическая составляющая установки – на рис. 2.

Система из электрических схем, собранных для осуществления управления установкой. Система состоит из трех основных составляющих:

Рис. 1. Установка: слева направо: схема на микроконтроллере, схема подключения моторов, схема Bluetooth приемо-передатчика.

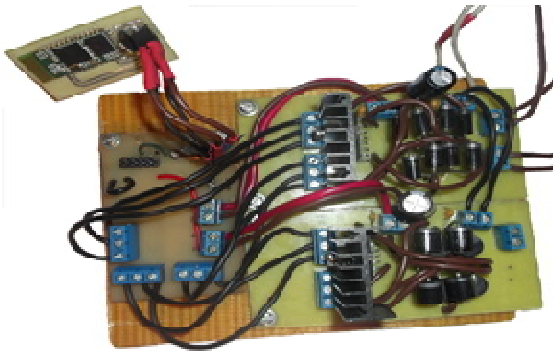


Рис. 2. Электрическая составляющая установки

Основной частью электрической начинки является схема микроконтроллера (рис. 3.). Микроконтроллер AVR предназначен для управления электронными устройствами. Типичный микроконтроллер сочетает на одном кристалле функции процессора и периферийных устройств. По сути, это однокристальный компьютер, способный выполнять простые задачи.

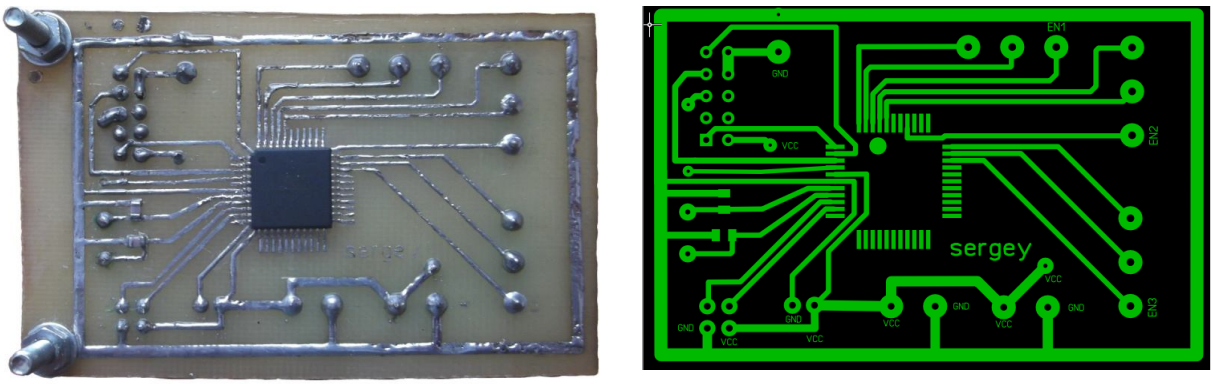


Рис. 3. Микроконтроллер и его схема

Микроконтроллер, который был использован в схеме, имеет тип AVR и относится к семейству ATmega. Данная схема позволяет управлять тремя моторами одновременно. Для того чтобы заставить двигаться установку, требуется научиться управлять моторами. Моторы должны иметь возможность вращаться в разные стороны, что позволит передвигать установку в нужную нам сторону. Поэтому появляется необходимость разработки H-мостов. Для данной установки была разработана плата, в основе которой находится драйвер двигателя L298. Этот драйвер вмещает в себя сразу два моста, что позволяет одной платой управлять двумя моторами.

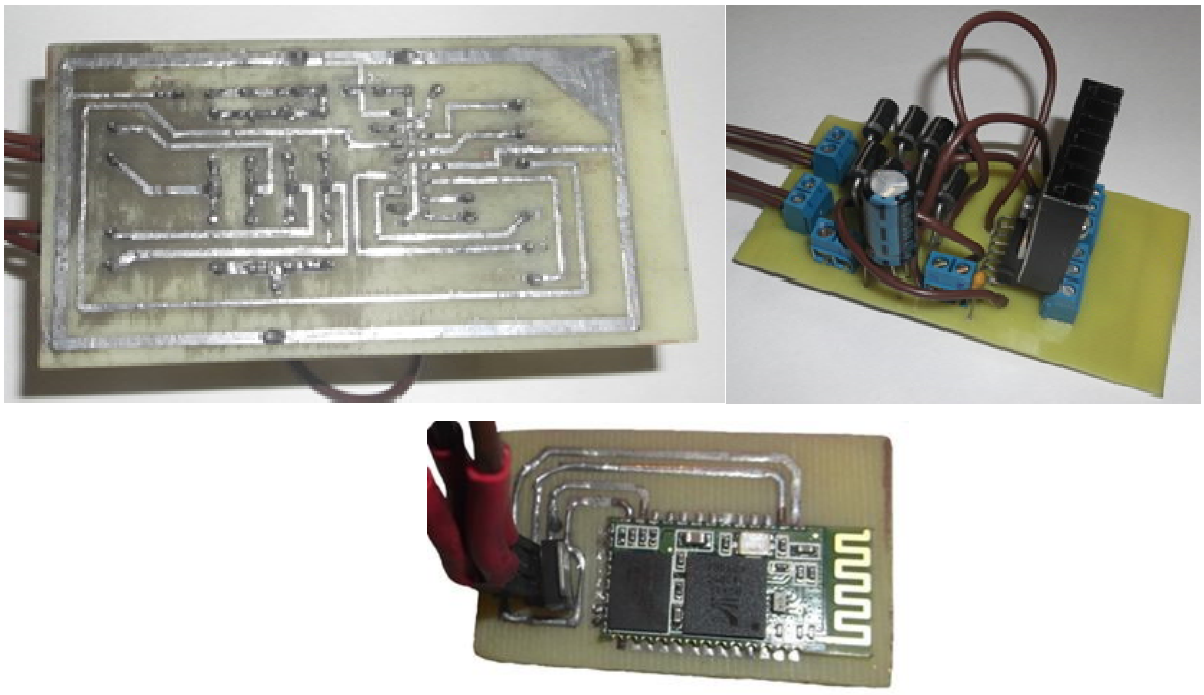


Рис. 4. Плата Bluetooth.

Данная установка управляется дистанционно, поэтому для осуществления связи между ним и ПК, появилась необходимость в создании схемы для Bluetooth. В устройстве использована готовая схема приемо-передатчика HC - 0.5 от китайских производителей. Данная схема питается от 3.3 V, а микроконтроллер подает 5 V. Для достижения искомого напряжения использовался стабилизатор напряжения КРЕН на 3.3 V. Получившаяся плата для приемопередатчика представлена на (рис.4).

Система управления.

Всё управление роботом происходит дистанционно при помощи нескольких программ**.** Первая работает с изображением, а вторая осуществляет управление роботом. Связь между программами осуществляется по Bluetooth-каналу. Все программы написаны на Си-подобных языках. Программа для обработки изображений написана в среде программирования C#, а программа для микроконтроллера была написана в среде разработки CodeVisionAVR.

При помощи программы для микроконтроллера осуществляется управление двигателями по заданному алгоритму. Программа позволяет принимать и обрабатывать значения, которые присылаются микроконтроллеру от ПК. На ввод роботу посылается строка, в которой находится значение времени и

направления для вращения двигателей. Обработав эти значения, программа управляет двигателями, позволяя роботу передвигаться по заданным координатам. Также программа позволяет принимать значения, которые распознаются роботом как команда «рисовать». На выводе микроконтроллер сообщает о законченности действий, а также о готовности к приему следующих команд. Все команды присылаются и отсылаются обратно дистанционно по каналу Bluetooth.

Пример принимаемой строки:

(MR*xxxxx*L*xxxxx*),

где *X*- значение времени, которое выражается в миллисекундах.

Обработка данной строки позволяет микроконтроллеру управлять передвижением робота.

Строка (D***x***), где x- количество символов псевдографики(в зависимости от светотени изображения), позволяет распознавать команды к рисованию.

Программа для обработки изображений предназначена для работы с изображениями. Она позволяет производить обработку снимка, полученного в режиме реального времени с WEB-камеры. Программа способна перевести изображение в псевдографику, создать масштабную сетку, привязать к ней систему координат, определить положение символов, передать их координаты в программу для микроконтроллера. Реальное изображение, сделанное WEB-камерой, представлено на (рис. 5.), обработанное фото представлено на (рис. 6.).

Существующая программа работает по заданному алгоритму обработки:

1) Получает снимок с WEB-камеры.
2) Меняет стандартный размер снимка.
3) Переводит изображение из цветного в черно-белый формат.
4) Производится вычитание фона на изображении для получения четкого портрета.
5) Каждому пикселю изображения присваивается свое значение символа псевдографики в зависимости от светотени: все цвета делятся на четыре символа.
6) Каждому символу присваивается координата в двумерной системе.
7) В зависимости от координат рассчитывается время и направление вращения моторов установки, получившиеся значения отправляются через COM-порт на микроконтроллер.
8) Для наблюдения за работой программы все операции выводятся в консоль.

Рис. 5. Реальное изображение

Рис.6. Псевдографика

Для того чтобы получить четкий портрет, производится перевод изображения в черно-белый формат и вычитание фона из изображения, т.е. на фотографии остаётся только то место, которое в дальнейшем будет нарисовано. Для этого программа делает два снимка, на одном из которых будет только фон, а на другом - желаемое изображение.

Выводы.

На протяжении всего времени работы над проектом были получены более углубленные знания в схемотехнике и программировании. В дальнейшем будут проведены некоторые доработки конструкции, а также немного изменены алгоритмы работы, что позволит отладить работу установки и улучшить её прежние качества. В дальнейшем будут серьезные изменения робота: планируется переделать устройство так, чтобы оно могло использовать для рисования сразу несколько цветов. Вместе с этим будут серьезно пересмотрены программы управления. Будут усложнены алгоритмы обработки. Также, возможно, будут заменены двигатели постоянного тока на шаговые двигатели. Все эти изменения приведут к усовершенствованию устройства, что позволит создавать более красивые и реалистичные изображения.

ЛИТЕРАТУРА

1. А.В. Белов. «Создаем устройства на микроконтроллерах». Наука и Техника.2007.
2. М.Б. Лебедев. «CodeVision AVR пособие для начинающих». Додэка-XXI. 2008.
3. Бьерн Страуструп. «Язык программирования C++» специальное издание 2011-2012 года. Бином.2012.
4. Герберт Шилдт. «C++ самоучитель шаг за шагом». ЭКОМ Паблишерз.

Гироскопическая стабилизация фотоаппарата для съемки с рук

ТРЕГУБОВ Андрей Александрович
г. Мытищи, МБОУ СОШ №6, 11класс

Научный руководитель:
Пономарёв Юрий Анатольевич, к.т.н., ассистент кафедры «Приборы и системы ориентации, стабилизации и навигации»
МГТУ им. Н. Э. Баумана

С начала зарождения фотографии и вплоть до настоящего времени фотографы сталкиваются с проблемой недостаточного освещения снимаемых на фотоаппарат сцен. Например, всем нам знакома ситуация затемнения кадров в вечернее или ночное время суток. На самом деле, в таких ситуациях для получения высококачественных фотографий необходимо увеличение экспозиции. Это достигается путём увеличения чувствительности пленки (или матрицы), увеличения диафрагмы объектива или увеличения выдержки. Однако, к сожалению, увеличение чувствительности сопряжено с уменьшением качества снимка, что нежелательно, а максимального увеличения диафрагмы часто бывает недостаточно. Поэтому остается только увеличивать экспозицию, увеличивая время выдержки. Но и здесь есть свои недостатки: при увеличении выдержки (более 1/125…1/60 с) начинает сказываться дрожание рук, и снимок получается «смазанным». Для уменьшения такого эффекта «смазанности» и увеличения порогового значения выдержки, после которой начинается сказываться дрожание рук, используют стабилизаторы изображения.

Оптическая стабилизация изображения на сегодняшний день является самой популярной среди фотографов: как любителей, так и профессионалов. Что же такое оптическая стабилизация? Все просто: происходит стабилизация (выравнивание) лучей света, идущих от объекта съемки, путем перемещения линз в объективе - это и есть оптическая стабилизация. Она дает вполне ощутимый результат: выигрыш примерно на 3 – 4 ступени экспозиции. Благодаря механизму оптической стабилизации в условиях недостаточной освещенности фотограф может делать снимки с рук без увеличения чувствительности и ISO (International Organization for Standardization), не используя при этом светосильные объективы. К сожалению, даже у данной стабилизации есть ряд минусов:

- завышенная стоимость, обусловленная сложным механизмом сборки.
- необходимость подбора индивидуального объектива под каждый фотоаппарат,
- использование заряда аккумулятора, встроенного в фотоаппарат для стабилизации изображения, что приводит к уменьшению автономной работы аппарата.

Так как недостатки довольно ощутимы, было решено создать новую силовую систему стабилизации, которая не уступала бы по характеристикам оптической, но исключила бы все ее недостатки. На основании данных, полученных из научных источников, известно, что тело, обладающее гироскопическими свойствами, обладает большей сопротивляемостью к внешнему моменту, по сравнению с обыкновенным твердым телом. Этот факт позволяет сделать предположение о том, что жесткое прикрепление гиромотора к фотоаппарату будет оказывать на него стабилизирующее действие.

Гиромотор (гироскоп) уменьшает дрожание рук, что и приводит к уменьшению угловых колебаний фотоаппарата.

Целью работы является рассмотрение возможности использования силовой стабилизации фотоаппарата. Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

1) Выбор конструктивной схемы стабилизатора изображения.
2) Выбор гиромотора для стабилизации изображения.
3) Разработка конструкции стабилизатора изображения.
4) Создание опытного образца стабилизатора изображения.
5) Испытание опытного образца и встроенного в фотоаппарат стабилизатора изображения.
6) Оценка качества стабилизации изображения при помощи опытного образца и встроенного в фотоаппарат стабилизатора изображения.

В самом начале работы предстояло выбрать подходящий гиромотор или то, что его может заменить. Был проведен ряд опытов, в которых только один гироскоп давал необходимый результат. Опыты были просты: один человек держал в руках гиромотор с прикрепленной лазерной указкой и пытался лазерным лучом попасть в центр мишени, расположенной на расстоянии 28м. Второй человек, находясь рядом с мишенью, оценивал максимальную амплитуду колебаний лазерного луча. Цель эксперимента заключалась в поиске гиромотора, дающего наименьшую амплитуду колебаний. Им оказался гиромотор, питающийся от постоянного напряжения 12В, и источником питания которому служил автомобильный аккумулятор (рис. 1).

Рис. 1. Гиромотор, который был выбран для дальнейших экспериментов.

Гиромотор необходимо было соединить с фотоаппаратом. Для этого были разработаны две конструктивные схемы:

1) Гиромотор жестко крепится к фотоаппарату (рис. 2). К корпусу жестко крепится гиромотор так, что вектор собственного кинетического момента параллелен оптической оси объектива.

2) Гиромотор крепится к фотоаппарату с помощью ручки, на которую установлен сферический шарикоподшипник (рис. 3). На данную конструкцию в центр масс жестко крепится сферический шарикоподшипник, что обеспечивает три степени свободы. Отдельно к подшипнику крепится ручка. В данном варианте важно было найти центр масс и обеспечить полное равновесие всей установки. Но из-за того, что объектив выдвигается вперед, нарушается балансировка, и фотоаппарат наклоняется вперед. Эту проблему решили дополнительные грузики, компенсирующие выдвижение объектива.

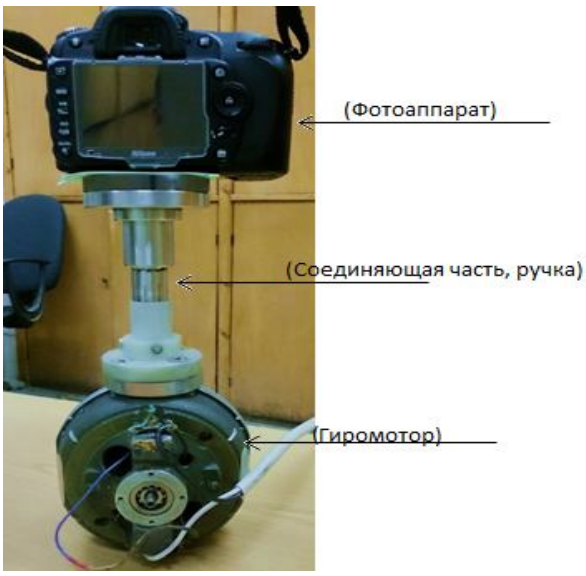


Рис. 2. Гиромотор жестко крепится к фотоаппарату.

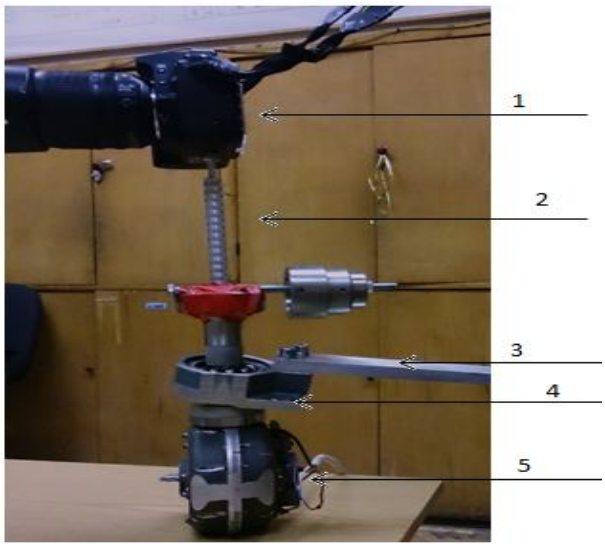


Рис. 3. Гиромотор крепится к фотоаппарату с помощью ручки, на которую установлен сферический шарикоподшипник (1-фотоаппарат; 2-удлиняющаяся ручка, для получения центра масс в выгодном месте; 3-ручка; 4-сферический шарикоподшипник; 5-гиромотор).

После того как мы выбрали гиромотор и соединили его с фотоаппаратом, мы стали делать снимки и сравнивать их между собой, чтобы выявить лучшее изображение. Фотографировали в темной комнате точечный источник света на расстоянии 6 метров. Все фотографии были сделаны при одинаковых условиях, одинаковой освещенности и величине диафрагмы(f/5.6), ISO-200. Во всей серии опытов менялось только время выдержки. Делая различным время выдержи, нетрудно определить, когда начинает сказываться дрожание рук на качестве фотографии. Основная идея эксперимента: получение изображений с разными видами стабилизации при прочих одинаковых параметрах с целью выбора оптимальной стабилизации. Выбор стоял между тремя видами стабилизации:

1) Оптическая стабилизация фотоаппарата.
2) Стабилизация, которую дает конструкция с жёстким креплением (рис. 2).
3) Стабилизация, которую дает конструкция со сферическим шарикоподшипником (рис. 3).
4) Отсутствие стабилизации.

Для каждой стабилизации было определено максимальное время выдержки, при которой качество фотографий будет не хуже эталонного снимка, сделанного на штативе с выдержкой (1/6) (рис. 4).

Рис. 4. Эталонный снимок

Задача всех экспериментов: узнать, при какой выдержке появится размытость фотографии. Фотографировали два человека, каждый по 3 раза с выдержкой от 1/125 до 1/2, а дальше выбирали снимок, на котором первый раз заметно изменилась форма пятна, относительно эталонного снимка.

На рис. 5 приведен пример ряда снимков, которые получались во время экспериментов, в скобках указано время выдержки, при которой были сделаны фотографии:

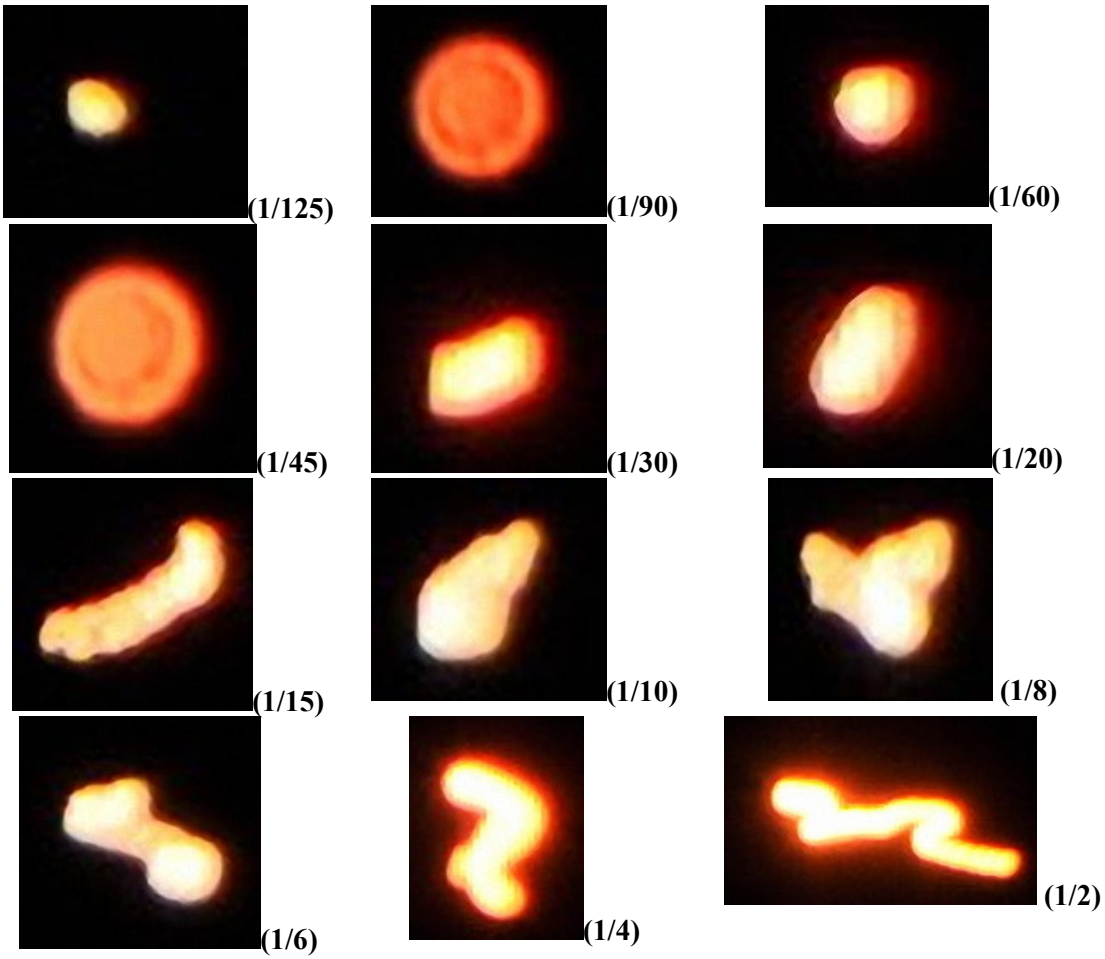


Рис. 5. Серия фотографий, сделанных при разной выдержке

Посмотрев на серию снимком, можно однозначно сказать, что фотографии с выдержкой (1/25-1/30) имеют форму близкую к эталонной и между собой несильно отличаются. Что нельзя сказать про снимки, сделанные с большей выдержкой(1/30-1/2). Видно, что на каждой следующей фотографии отклонение от эталонного пятна увеличивается, а отличие между собой уже становится заметным.

Таблица 1. Результаты всех экспериментов

Вид эксперимента	Фотографии, полученные без стабилизации		Фотографии, полученные с оптической стабилизацией фотоаппарата.		Фотографии, полученные при стабилизации, которая дает констр.№1 с выкл. гиромотором.		Фотографии, полученные при стабилизации, которая дает констр.№1 с вкл. гиромотором		Фотографии, полученные при стабилизации, которая дает констр.№2 с выкл. гиромотором.		Фотографии, полученные при стабилизации, которая дает констр.№2 с вкл. гиромотором	
№ экспериментатора	Первый экспериментатор	Второй экспериментатор	Первый экспериментатор	Второй экспериментатор	Первый экспериментатор	Второй экспериментатор	Первый экспериментатор	Второй экспериментатор	Первый экспериментатор	Второй экспериментатор	Первый экспериментатор	Второй экспериментатор
1значение	1/60	1/25	1/8	1/30	1/30	1/90	1/30	1/60	1/10	1/6	1/30	1/15
2 значение	1/60	1/60	1/13	1/6	1/30	1/60	1/60	1/90	1/20	1/60	1/30	1/15
3значение	1/80	1/30	1/15	1/10	1/20	1/45	1/25	1/60	1/60	1/90	1/45	1/45
Среднее значение	1/60	1/60	1/10	1/20	1/30	1/60	1/45	1/60	1/30	1/45	1/30	1/30
Общее среднее	1/60		1/15		1/45		1/45		1/45		1/30	

Составим упрощенную таблицу 2 «Итоговое значение выдержи, при которой можно делать снимки» и сделаем вывод, какая стабилизация оказалась лучшей.

Таблица 2. Итоговое значение выдержи, при которой можно делать снимки.

№ эксперимента	1	2	3	4	5	6
Время выдержки, сек.	1/60	1/15	1/45	1/45	1/45	1/30

По результатам проведенных экспериментов можно сделать следующие выводы:

- для фотографий без стабилизации можно использовать выдержку не более 1/60 сек., в противном случае качество фотографии будет неудовлетворительным.
- если использовать стабилизацию, которая встроена в фотоаппарат, можно фотографировать с выдержкой не более 1/15 сек.

Эксперименты № 3,4,5 показали, что, используя конструкцию, жестко прикрепленную к гиромотору, можно увеличить время выдержки до 1/45 сек. Это лучше, чем без выдержки, но хуже, чем с собственной стабилизацией фотоаппарата. Самый лучший результат дала конструкция с шарикоподшипником и с включенным гиромотором, время выдержи в этом случае составляет не более 1/30 сек. Но если усовершенствовать конструкцию, то возможно будет добиться такого же результата, как и у оптической стабилизации изображения. Для этого нам нужно будет заменить гиромотор на более мощный и, желательно, более легкий, поскольку во время проведения опытов возник ряд незначительных трудностей, связанных с большим весом гиромотора.

ЛИТЕРАТУРА

1. Учебник цифровой фотографии (Cambridgeincolor) http://www.cambridgeincolour.com(Дата обращения 05.02.2014г.)
2. Энциклопедия физики и техники (А. Ю. Ишлинский)http://femto.com.ua(Дата обращения 10.02.2014)
3. Фотокомок http://www.fotokomok.ru (Дата обращения 08.02.2014г.)
4. Свободная энциклопедия. Википедия (Статья – гироскопы http://ru.wikipedia.org (Дата обращения 08.02.2014г.)
5. Бороздин В. Н. Гироскопические приборы и устройства систем управления: Учебное пособие для ВТУЗОВ 1990.
6. Павловский М. А. Теория гироскопов: Учебник для ВУЗОВ, Киев, Вища Школа, 1986.

Численное интегрирование с помощью Дельта функции в среде LabVIEW

КОЗЛОВА Ирина Константиновна,
г. Москва, ГБОУ лицей №1560, 11 класс

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

Введение.

Поль Адриен Морис Дирак – английский физик-теоретик в своём классическом труде «Принципы квантовой механики» проявил себя и как замечательный математик. Он ввёл и широко использовал новую функцию δ(x) – «дельта-функция Дирака» или просто «дельта-функция». Исходя из основных свойств дельта-функции, предлагается использовать её для численного интегрирования подынтегральных функций с одной переменной. Основные свойства дельта-функции (принятое обозначение - δ(x)):

Дельта-функция определяется следующим образом: δ(x) = 0 при всех x ≠ 0. При x = 0, δ(x) = ∞. Кроме того задаётся условие

$\int_{-\infty}^{\infty} \delta(x)\, dx = 1$ (1)

Важнейшая формула интеграла с δ(x) имеет вид:

$\int_{-\infty}^{\infty} f(x)\delta(x)\, dx = f(0)$ (2)

Если δ(x) = 0 при x ≠ 0, то значение интеграла не зависит от значений $f(x)$ ни при каком $x \neq 0$. Таким образом, определяющим является значение функции $f(x)$ там, где δ(x) ≠ 0, т. е. при $x = 0$.

Другими словами значение функции $f(x)$ в точке $x = 0$ есть значение этой функции в точке $x = 0$, т. е. $f(0)$. По общему правилу замены переменных функция $\delta(x-a) = \infty$ при $x = a$.

$\int_{-\infty}^{\infty} f(x)\delta(x-a)\, dx = f(a)$ (3)

Выражение (3) может быть использовано для интегрирования функции $f(x)$ с помощью функции $\delta(x-a)$. Используя $\delta(x-a)$ как функцию, которая в точке $x = a$ принимает значение, равное единице, можно вычислить значение функции $f(a)$ в точке a как произведение $f(a) * \delta(x-a)$. Это произведение определяет ординату подынтегральной функции в точке a. Меняя параметр «a» в границах нижнего и верхнего пределов определённого интеграла можно численно проинтегрировать функцию $f(x)$ с помощью представления дельта-функции как единичной функции в точке a.

Программный пакет LabVIEW - это графический редактор с управляющими элементами и индикаторами на Лицевой панели (Front Panel) с одной стороны и Блок-диаграммой с терминалами и проводниками с другой стороны.

Блок-диаграмма является исходным программным кодом виртуального прибора (ВП). Компоненты блок-диаграммы - это встроенные функции LabVIEW: константы и структуры управления выполнением программ. Объекты, установленные на лицевой панели, автоматически наносятся на блок-диаграмму в

виде соответствующих терминалов, которые соединяются между собой проводниками. Потоки данных и связь между управляющими элементами и индикаторами осуществляется с помощью проводников.

Программный пакет LabVIEW предполагает цифровую обработку сигнала (ЦОС). Дискретный сигнал может быть представлен в виде массива выборочных данных, следующих друг за другом через определённый интервал времени Δt, называемый шагом дискретизации. Величина $f=1/\Delta t$ называется частотой дискретизации.

В LabVIEW для работы с сигналами предусмотрены несколько типов данных: массивы, осциллограммы (временные диаграммы) и динамические данные.

Большая часть логики измерительной информации реализуется на компьютере программно. При этом сама программа выглядит как набор функциональных узлов, соединённых проводниками для передачи данных. В отличие от модели *потока управления* текстовых языков программирования, структура данных в LabVIEW позволяет реализовать модель *потока данных* для обработки данных, когда данные «втекают» в программу через перечисленные узлы элементов управления, обрабатываются и вытекают из неё на узлы индикации.

В LabVIEW существуют циклы с фиксированным числом итераций (For Loop). Число отсчётов N устанавливается пользователем. Счётчик итераций содержит текущее число завершённых итераций цикла. 0 – первая итерация, N-1 последняя, N – число итераций.

Данные поступают в цикл и выходят из него через маленькие окна (туннели) на границе цикла: *точки входа/выхода*. Выходные точки цикла выводят данные только после завершения цикла. Числовой индикатор внутри цикла обновляется после каждой итерации, вне цикла обновляется один раз после выхода из цикла.

В графическом редакторе LabVIEW в подпалитре Signal Processing>>Signal Generation>>Impulse Pattern имеется единичная функция, использование которой с помощью ряда других функций LabVIEW, позволит провести численное интегрирование. *Функция Impulse Pattern* генерирует массив, содержащий отрезок импульсного сигнала.

Вход *задержка* (delay) задаёт задержку единичного по длительности импульса относительно начала сигнала. С помощью структуры For Loop начальное положение импульса можно перемещать с дискретностью $\Delta x=1$. Общее число перемещений N охватывает интервал интегрирования b-a.

Выход *импульсного сигнала* (Impulse Pattern) – это массив, у которого все элементы равны 0, кроме элемента N_i , на абсциссе которого в данный момент находится импульс. Численное значение этого элемента равно 1. Очевидно также, что по мере смещения импульса индекс единичного элемента массива будет приближаться к N-1, т. е. станет последним элементом массива после завершения программы.

Рассмотрим также и другие элементы, входящие в виртуальный прибор (ВП), предназначенного для интегрирования функции f(x) с использованием аналога «дельта функции» функции Impulse Pattern.

ВП отрезок синусоидального сигнала (Sine Pattern) генерирует массив, содержащий отрезок синусоидального сигнала в диапазоне 0 - π.

Вход циклы (cycles) определяет число полных периодов синусоидального сигнала. По умолчанию число циклов равно 1.

Функция *сформировать массив* (Build Array) объединяет набор массивов или добавляет элемент к массиву Выход *добавленный массив* определяет результирующий массив.

Функция задержки до следующего кратного интервала (Wait Until Next ms Multiple) замедляет (растягивает) частоту (скорость) выполнение программы на время, установленное на Входе millisecond multiple. Функцию можно использовать в цикле для управления скоростью его выполнения (рис. 1).

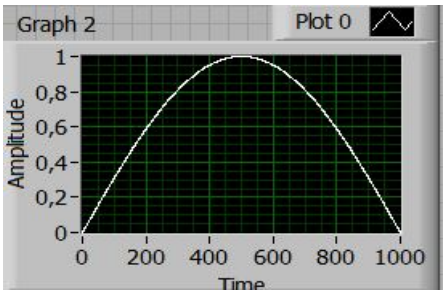


Рис. 1. График функции y = Sin(x) в интервале 0 - π

Функция Waveform Graph используется для визуализации графического материала.

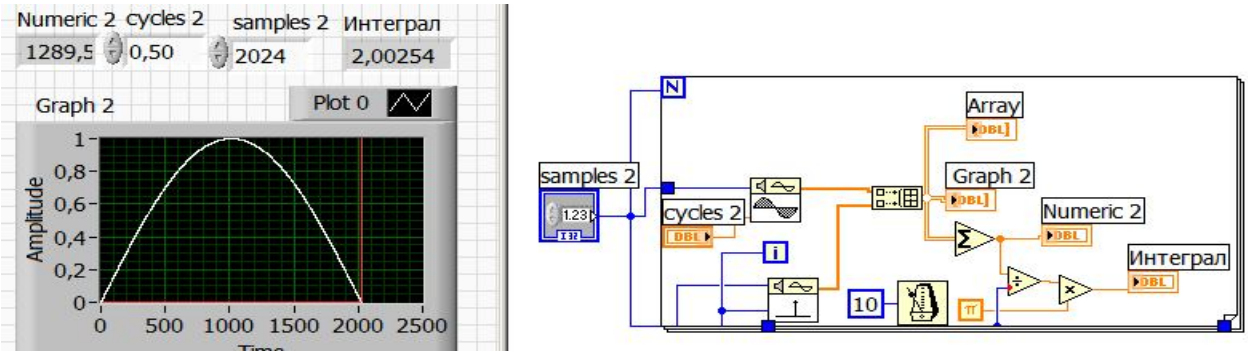


Рис. 2. Фронт панель и блок-диаграмма интегрирования функции y =Sin(x) в среде LabVIEW (красная вертикальная линия – это дельта-функция)

Структура For Loop – это цикл с фиксированным числом итераций, выполняющий код внутри границ, т. е. подпрограмму с некоторым числом итераций (count). Это число отсчётов (N) вводится в терминал числа итераций (count terminal). Терминал счётчика итераций содержит текущее число завершённых итераций цикла: 0 – во время первой итерации, 1 – во время второй и т. д. до N – 1, где N – задаваемое количество выполнений циклов. Блок-диаграмма численного интегрирования функции y = Sin(x) в пределах 0 – π представлена на рис. 2.

Функция Impulse Pattern – это единичная импульсная функция, которая пробегает по 2024 точкам абсциссы и в каждой точке фиксирует амплитуду функции $\sin(x_i)$ и которая запоминается в двумерном массиве Array. Функция Σ – это функция суммирования всех элементов массива.

Количество точек определяет задаваемая дискретность (samples) для генератора и для единичной функции Impulse Pattern. В каждой точке значение функции $\sin(x_i)$ умножается на единичную функцию, и результат заносится в массив. В момент нахождения функции Impulse Pattern в точке x_i значение функции равно 1, во всех остальных точках – 0. Сбор данных осуществляет функция Build Array. Далее

результаты суммируются, делятся на число итераций (2024) и умножаются на π, поскольку интегрирование функции sin(x) ведётся в пределах 0 – π.

Точность численного интегрирования с использованием дельта-функции зависит от числа итераций. С ростом числа итераций растёт и точность конечного результата. Здесь также используется тот факт, что нижний предел интеграла равен 0.

Блок-диаграмма численного интегрирования произвольной функции y=F(x).

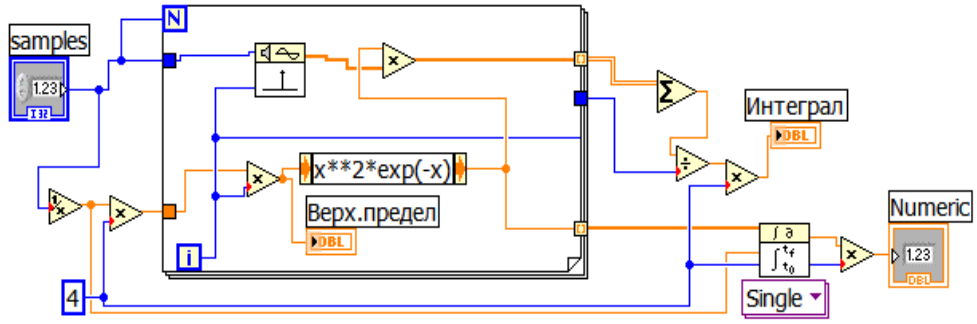


Рис. 3. Блок-диаграмма интегрирования функции y= x^2*e^{-x} с произвольным верхним пределом и нижним пределом, равным нулю

Здесь используется функция LabVIEW одной переменной (Expression Node), в окно которой вводится подынтегральное выражение. Для контроля используется встроенная математическая функция Numeric Integration численного интегрирования. Единичная функция в каждой точке дискретного разбиения абсциссы умножается на подынтегральную функцию f(x). Результат суммируется вне границ структуры, делится на число итераций, чтобы определить среднее значение ординаты, и умножается на верхний предел, если нижний предел равен 0.

При отличии нижнего предела от 0 используется свойство определённого интеграла:

$$\int_a^b f(x)\,dx = \int_0^b f(x)dx - \int_0^a f(x)dx \,. \quad (4)$$

В структуру For Loop помещаются две функции Expression Node, которые разделяют подынтегральную функцию с произвольными верхним и нижним пределами на две функции с нижним пределом, равным 0 (рис. 4). Samples F_s – частота дискретизации и N - число итераций. Частота дискретизации управляет количеством точек, через которые проходит единичный импульс. Величины b/F_s *и* a/F_s входят в структуру, умножаются на F_s и поступают на вход Expression Node соответственно.

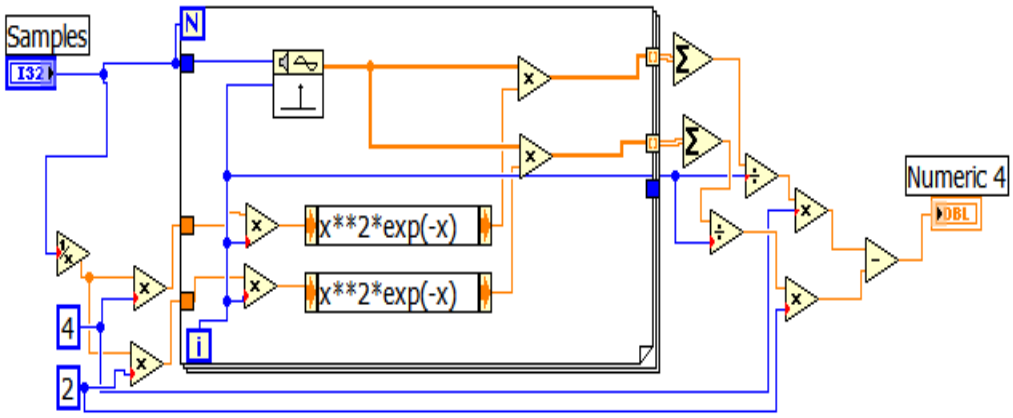


Рис. 4. Блок-диаграмма численного интегрирования интеграла y=$\int_2^4 x^2 e^{-x} dx$

С выхода Expression Node сигналы умножаются на единичную импульсную функцию и суммируются. Далее результаты суммирования делятся на частоту дискретизации и умножаются соответственно на нижний и верхний пределы интегрирования. Конечный результат – это вычисление разности по формуле (4).

Сравнение результатов численного интегрирования функции $y=\int_2^3 x^2 e^{-x} dx$ с использованием дельта-функции δ(x) для разных частот дискретизации с встроенной функцией численного интегрирования в среде LabVIEW - f(x) приведено в таблице 1.

Таблица 1. Сравнение результатов численного интегрирования

$F_s = 1000$		$F_s = 2000$		$F_s = 4000$	
δ(x)	**∫f(x)**	**δ(x)**	**∫f(x)**	**δ(x)**	**∫f(x)**
0,64675 3	**0,64556 4**	**0,6467**	**0,64610 7**	**0,64667 4**	**0,64637 6**
Δ ≈ 0,0012		**Δ ≈ 0,0006**		**Δ ≈ 0,0003**	

Из таблицы 1 видно, что погрешность численного интегрирования дельта-функцией уменьшается с ростом частоты дискретизации. Разработанный метод численного интегрирования с использованием Дельта функции, не претендуя на высокую точность, наглядно демонстрирует динамику самого процесса численного интегрирования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Суранов А. Я. LabVIEW 8.2: Справочник по функциям. – М:ДМК Пресс-2007.- 536 с.
2. Зельдович Я. Б. Высшая математика для начинающих. – издательство «Наука» Главная редакция физико-математической литературы. – Москва.- 1970.- 560 с.

Анализ работы датчика движения и варианты его улучшения

СОКОЛОВ Дмитрий Юрьевич
г. Москва, ГОУ СОШ № 1080, 11 класс

Научный руководитель:
Власов Андрей Игоревич, к. т. н., доцент кафедры «Проектирование и технология производства электронной аппаратуры»
МГТУ им. Н.Э. Баумана

Введение.

В настоящее время большой спрос имеют устройства, благодаря которым можно охранять помещения, дома и т.п. Принцип работы инфракрасных датчиков движения заключается в обнаружении изменений инфракрасного излучения окружающих объектов. Каждый объект, имеющий температуру, испускает инфракрасное излучение, которое через систему линз или специальных вогнутых сегментированных зеркал, попадает на расположенный внутри датчика движения чувствительный сенсор, регистрирующий это.

Когда объект движется, его ИК излучение поочередно фокусируется различными линзами системы на сенсоре (количество линз обычно варьируется от двадцати до шестидесяти штук), это и является сигналом к выполнению заложенной в датчике функции. Чем больше линз в системе датчика движения – тем выше его чувствительность. Так же, чем больше площадь поверхности системы линз – тем шире зона охвата у датчика движения.

Инфракрасные датчики (ИК датчики) - самые распространенные охранные датчики (детекторы) в системах охранной сигнализации. ИК датчик состоит из чувствительного пироэлектронного элемента, улавливающего инфракрасные (тепловые) лучи, специальной линзы, электронной схемы обработки и сенсора температурной компенсации. ИК датчик движения реагирует на движение теплокровных объектов, например, человека, но не реагирует на плавное изменение окружающей температуры. Типичный ИК датчик со стандартной объемной линзой имеет дальность обнаружения до 10…12 метров при угле обнаружения 90…110 градусов. Возможна установка (замена) стандартной объемной линзы на линзу типа "штора" ("веер"). При движении человека в зоне действия ИК датчика слаботочные электронные контакты датчика размыкаются. Чувствительность ИК датчика в направлении "на него" хуже, чем "поперек"

Так как ИК датчики по своей сути тепловые, то через стекло движение они не "видят". Во избежание ложных срабатываний не следует устанавливать ИК датчики в помещениях с работающими кондиционерами. При уменьшении температуры окружающей среды чувствительность ИК датчиков увеличивается и наоборот. Также есть датчики движения с иммунитетом от животных определенного веса и роста (например, до 20 кг, до 1м). Все охранные датчики имеют нормально-замкнутые контакты - это сделано для того, чтобы при обрыве линии связи с контрольной панелью это воспринималось как тревога. Уличные ИК датчики имеют герметичное исполнение и улучшенную температурную компенсацию для исключения ложных срабатываний.

На данный момент существует 4 вида датчиков:

- инфракрасные датчики,
- ультразвуковые датчики,
- микроволновые датчики,
- комбинированные датчики.

Целью работы является анализ работы датчика движения с динамиком. Предлагаемое решение характеризуется минимизированными массогабаритными и стоимостными характеристиками в сравнении с существующими аналогами.

В рамках работы были решены следующие задачи:

- анализ схемы датчика;
- исследование принципа работы устройства;
- выбор оптимальной настройки устройства;
- приведены варианты улучшения датчика;
- анализ имеющихся на рынке прототипов и достоинств изобретения над ними.

1. Анализ инфракрасных датчиков движения

Инфракрасный датчик – датчик, обнаруживающий перемещение каких-либо объектов за счёт инфракрасных волн.

Принцип работы основан на отслеживании уровня ИК излучения в поле зрения датчика (как правило, пироэлектрического). Сигнал на выходе датчика монотонно зависит от уровня ИК излучения, усредненного по полю зрения датчика. При появлении человека (или другого массивного объекта с температурой большей, чем температура фона) на выходе пироэлектрического датчика повышается напряжение. Для того чтобы определить, движется ли объект, в датчике используется оптическая система — линза Френеля. Иногда вместо линзы Френеля используется система вогнутых сегментных зеркал. Сегменты оптической системы (линзы или зеркала) фокусируют ИК-излучение на пироэлементе, выдающем при этом электроимпульс. По мере перемещения источника ИК-излучения, оно улавливается и фокусируется разными сегментами оптической системы, что формирует несколько последовательных импульсов. В зависимости от установки чувствительности датчика для выдачи итогового сигнала на пироэлемент датчика должно поступить 2 или 3 импульса [1-3].

К недостаткам инфракрасных датчиков движения относится возможность ложных срабатываний. Из-за того, что датчик реагирует на любые ИК (тепловые) излучения, могут случаться ложные срабатывания даже на теплый воздух, поступающий из кондиционера, радиаторов отопления и т.п. Снижена точность работы на улице из-за воздействия окружающих факторов, таких как прямой солнечный свет, осадки и т.п. А также относительно небольшой диапазон рабочих температур. ИК датчик движения не обнаруживает объекты, покрытые не пропускающими ИК - излучение материалами.

Среди достоинств инфракрасных датчиков движения можно выделить возможность довольно точной регулировки дальности и угла обнаружения движущихся объектов. Он удобен в использовании вне помещений, т.к. реагирует лишь на объекты, имеющие собственную температуру. При работе

абсолютно безопасны для здоровья человека или домашних питомцев, т.к. работает как «приемник», ничего не излучая.

Из всех устройств, использующихся для охраны помещений с выдачей тревожного сигнала, ИК датчик движения является самым эффективным и простым в плане его установки, юстировки диаграммы направленности и обслуживания. Поэтому для проведения экспериментов был выбран именно он. Но, несмотря на все положительные стороны данного устройства, имеются также и некоторые недочёты, которые будут выявлены экспериментальным путём, также будет предложен вариант по их устранению.

2. Анализ конструктивно-технологической реализации датчика

Существует большое количество различных конструктивных реализаций датчиков движения. Датчик планируется использовать для контроля входной двери. Расстояние от двери до датчика 3 м, высота помещения - 2,2 м. Исходя из этих данных, датчик должен быть недорогой, незаметный (рис. 1). Устанавливается в помещении, следовательно, особых требований к чувствительности от капель дождя, температурных перепадов, ветра и т.п. не требуется. Наиболее подходят в данном случае модели PIS209S и PIR. Характеристики данных моделей во многом совпадают, но по конструкции видно, что сенсор PIS209S имеет два чувствительный элемента, а сенсор PIR - один. Следовательно, сенсор PIS209S имеет дифференциальную структуру, состоящую из двух чувствительных элементов, включённых противофазно для компенсации внешних наводок и для компенсации температурного дрейфа. При облучении чувствительных элементов ИК-излучением от объекта возникает разность потенциалов, причём детектор в целом реагирует только на градиент температуры между двумя элементами. Для исключения влияния внешних помех сенсор опрессовывается в металлический корпус типа ТО-5 и содержит встроенный усилитель - полевой транзистор.

Необходимо выбрать схему обработки сигнала, поступающего от сенсора, и преобразование данного сигнала в звуковой сигнал. Укажем основную информацию, необходимую для понимания принципа работы устройства. Когда перед пироэлектрическим датчиком не перемещаются тёплые предметы, напряжение на выходе постоянно и равняется примерно 0.7 В. Присутствуют небольшие шумы. Если к окну поднести, например, руку или что-то другое тёплое, то напряжение на выходе упадёт. Удерживая руку над датчиком некоторое время можно увидеть, что напряжение опять стало около 0.7 В. Теперь резко убираем руку от датчика и снова видим изменение напряжения. Но только уже в большую сторону, и через некоторое время на выходе снова будет 0.7 В. Из этого можно сделать вывод, что пироэлектрический датчик реагирует только на изменение ИК излучения, которое исходит от всех тёплых предметов. Для увеличения чувствительности к перемещению и поля зрения датчика применяются линзы Френеля.

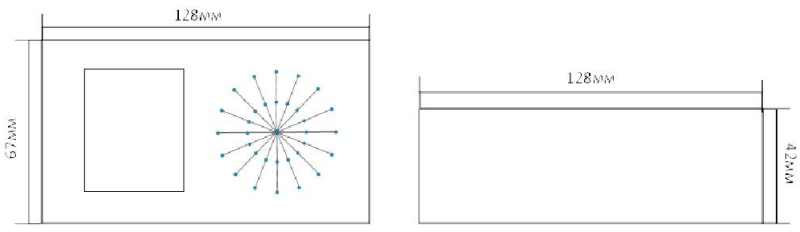


Рис. 1. Габариты устройства

Датчик движения следует размещать в небольшом помещении. Сам датчик нужно закреплять в углу помещения. Датчик крепится с помощью винтов диаметром 3,5 мм. Корпус датчика состоит из пластика черного цвета, что позволяет маскировать датчик в темных местах. В корпусе датчика сделаны технологические отверстия для динамика, датчика и переключателя (рис. 2).

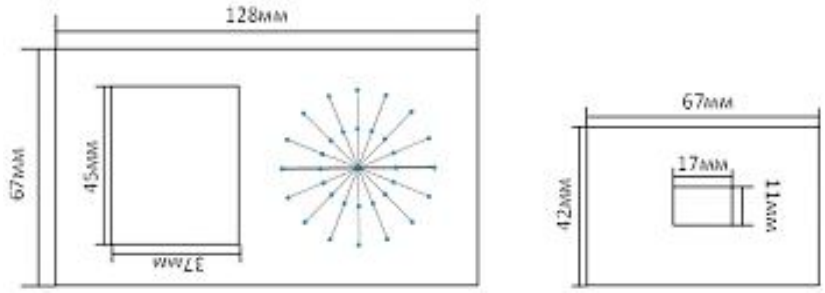


Рис. 2. Технологические отверстия

Для модуляции потока излучения при движении человека необходимо создать чередующуюся картину зон с максимальной и минимальной чувствительностью, наиболее эффективно это достигается с помощью многолучевой зоны чувствительности. Для ее создания можно использовать входное окно с множественными линзами, фокусы которых сходятся на поверхности чувствительного элемента - пироприемника. Для этой цели возможно использование обычных выпуклых линз, однако из-за большого поглощения излучения материалом входного окна, выполненного из полиэтилена, сигнал в значительной степени ослабляется. Поэтому больший эффект дает применение так называемых линз Френеля, представляющих собой систему чередующихся концентрических прозрачных и непрозрачных колец. Радиусы колец пропорциональны квадратному корню из номера кольца, а расстояния между соседними кольцами уменьшаются с увеличением номера. В результате интерференции суммарная амплитуда излучения в фокусе такой линзы равна сумме амплитуд излучения от каждого прозрачного кольца. Если вместо зачернения уменьшить оптическую толщину соответствующего кольца на половину длины волны, то все колебания, идущие от разных кольцевых зон, будут приходить в точку фокуса с одной и той же фазой. Поэтому результирующая амплитуда колебания явится суммой колебаний, приходящих от всех четных и нечетных колец.

3 Методика эксперимента по исследованию функционирования датчика движения

Помещение было разделено на квадраты. Человек перемещается внутри участка размером 2,5 х 2,5 метра, затем фиксируется результат реагирования датчика при перемещении человека внутри этого участка (рис. 3, 4). Из рисунка 3 видно, что угол обзора диаграммы направленности составляет 75°, а также крайние участки диаграммы оказались намного менее чувствительными по сравнению с другими. Общее количество зон (квадратов) составило 84 шт. Количество «мёртвых зон» составило 56 (шт.) Таким образом, для расчёта процента «мёртвых зон» используем формулу: Nмз=56х100%/84=67%.

Эксперимент по составлению диаграммы направленности проводился трижды (рис. 4). Различными цветами обозначены зоны чувствительности диаграммы направленности. Проверка каждой зоны проводилась по 10 раз. Как видно, в зоне А результат проверки составил 100%, в зоне В – 70- 90 %,

в зоне С – 20% и меньше. Таким образом, зона С является наименее чувствительной, и выдача тревожного сигнала в ней менее всего вероятна и стабильна.

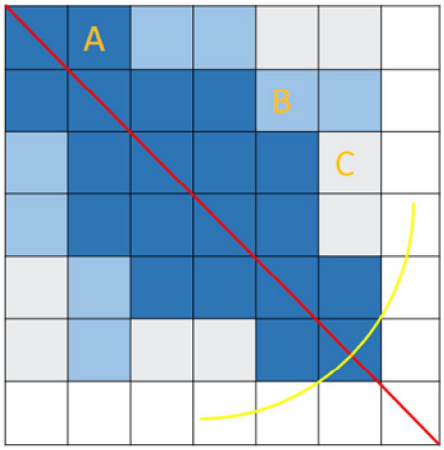


Рис. 3. Экспериментальная диаграмма направленности датчика

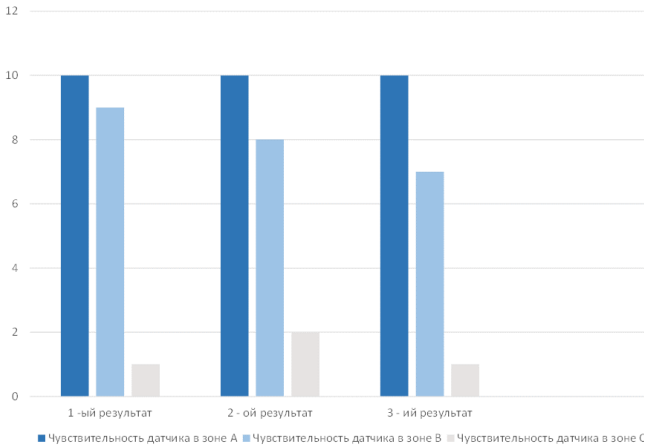


Рис. 4. Обозначение зон диаграммы

Выводы.

Результатом работы явился сконструированный датчик, включающийся с помощью переключателя. Работа имеет практическую ценность. Данное изобретение позволяет охранять помещения. Его можно везде брать с собой в связи с его маленькими габаритами. На правильность работы датчика влияет разница температуры 36,6°с и температуры окружающего воздуха, а также динамическое изменение температурного фона. Основным показателем для датчика движения является его диаграмма направленности, т.к. от её ширины зависит, будет ли обнаружен человек в той или иной части помещения. Из результатов эксперимента видно, что диаграмма направленности значительно отличается от заявленной заводом-изготовителем, а именно угол составил 75° вместо 85°. Основной недостаток, выявленным экспериментальным путём, заключается в том, что есть участки диаграммы направленности, в которых существенно уменьшается чувствительность. Для решения этой проблем я использую линзу Френеля.

ЛИТЕРАТУРА

1. Козелкин В. В., Усольцев И. Ф. Основы инфракрасной техники - М., 1967.
2. Практические применения инфракрасных лучей, пер. с франц. - М.—Л., 1959.
3. Ж. Хони Охранные сигнализации. – 2007 г.

Виртуальная лаборатория «Balabza.chemistry»

АЛАДИН Дмитрий Владимирович
г. Москва, ГБОУ «Лицей № 1580», 11 класс

Научный руководитель:
Петрикова Юлия Дмитриевна, учитель информатики и ИКТ, ГБОУ «Лицей № 1580»

Консультант:
Кубышев Сергей Сергеевич, учитель химии, ГБОУ «Лицей №1580», к.х.н., преподаватель МГУ им. М.В. Ломоносова

Виртуальная лаборатория «Balabza.chemistry» — многофункциональный интерактивный комплекс по химии, который предназначен для изучения химических процессов, просмотра и выполнения экспериментов.

Актуальность

На сегодняшний день широкое применение в образовании нашли информационные технологии. Использование интерактивных источников позволяет на новом уровне проводить обучение, сокращать время подготовки к занятиям, а также эффективно осуществлять контроль знаний и степень усвоения пройденного материала. Также существенным достоинством является экономия денежных средств и расходных материалов.

Однако, в связи с растущим темпом создания таких ресурсов, выявилась проблема их целостности. Основными причинами являются отсутствие четкой систематизации, критериев поиска и привязки к первоисточникам. Следовательно, ухудшается качество изложения и эффективность преподавания знаний учащимся.

Дистанционное обучение прочно вошло в нашу повседневную жизнь. Такой метод имеет множество существенных преимуществ. Это, прежде всего, возможность для обучаемого заниматься в удобное время, в любом доступном месте, а также наглядность изложения учебного материала.

Безусловно, такое обучение имеет много достоинств. Однако, на данный момент времени, существует ряд нерешенных проблем из-за удаленного доступа к информационным ресурсам. Отсутствие возможности проведения экспериментов самим учащимся существенно усложняет процесс изучения естественных наук. Благодаря экспериментам происходит процесс познания через взаимодействие с изучаемым объектом. Осуществляется всестороннее понимание происходящих процессов.

Основные причины данной проблемы — это нехватка ресурсов и лабораторных условий.

Цели проекта

1) Анализ существующих интерактивных ресурсов.
2) Разработка принципов построения многофункционального интерактивного комплекса по химии.

3) Построение единой информационной платформы, которая предназначена для изучения химических процессов, просмотра и выполнения экспериментов.

Анализ интерактивных ресурсов

Химические эксперименты можно представить в виде формул, текста, схем или видеоматериала. Поэтому существует несколько типов интерактивных ресурсов для изучения школьного курса химии.

В настоящее время существуют три тенденции, которые приводят к потере целостности и связи с первоисточниками интерактивных ресурсов:

Первая тенденция связанна с развитием интерактивных решений для учебного процесса. Конкуренция на этом рынке заставляет многие компании создавать собственные сетевые образовательные сообщества. В таких сообществах разрабатываются программные продукты, направленные на помощь учителям-пользователям в подготовке эффективных и увлекательных уроков. Одним из примеров таких учебных сообществ может служить «PrometheanPlanet». Однако, такие экосистемы приводят к потере межплатформенных взаимодействий с другими информационными ресурсами. Это проявляется в потере связей с общей учебно-методической документацией и в появлении дублирующих решений. Также можно отметить, что программное обеспечение для учащихся часто направленно на мониторинг знаний и взаимодействие с интерактивной системой, созданной в образовательном учреждении. Следовательно, нет достаточных возможностей для самостоятельного познания материала во внеурочное время.

Непростая ситуация сложилась в распределении уже существующих цифровых образовательных ресурсов. Широкое распространение получило объединение интерактивных продуктов в коллекции, например, «Единая коллекция ЦОР». В таких коллекциях прослеживается общая систематизация по типу материалов, а также представлен учебный материал и различная методика проверки знаний учащихся.

Однако, в большинстве таких решений не обеспечивается всестороннее рассмотрение конкретного учебного материала. Проблема заключается в отсутствии связи учебного материала с интерактивными пакетами. Следовательно, ухудшается сквозное взаимодействие между информационными продуктами и их поиск.

Несмотря на это, существуют качественные и эффективные интерактивные комплексы, например, электронное издание «Химия, 8-11 класс. Виртуальная лаборатория», созданное МарГТУ.

К сожалению, такие ресурсы имеют тоже недостатки. Из-за большого объема учебной информации и сложности модели ее представления, отсутствия возможности обновления и хорошей масштабируемости сложно импортировать продукт в новое программное обеспечение. Поэтому со временем теряется актуальность всего интерактивного комплекса.

Следующая тенденция наблюдается в создании новых интерактивных материалов. Цифровые лаборатории выводят преподавание некоторых разделов химии на новый уровень. Примером может служить образовательная лаборатория «VirtualLab», «Virtulab.net», или «Виртуальные лаборатории от Yenka». Они позволяют экспериментально вводить ряд понятий, которые без них были сложны в представлении. Но во многих случаях в таких лабораториях мало освещается учебный материал, демонстрируемый в опытах. Это усложняет внедрение таких ресурсов в школьный учебный процесс. Как

следствие, применяемое программное обеспечение отстает от требований общеобразовательных стандартов.

Разработка принципов построения многофункционального интерактивного комплекса по химии

После проведения анализа информационных ресурсов были определены основные методы изучения и исследования химических реакций. Они в «Balabza.chemistry» объединились вместе с учебными материалами в единую, стройную систему. Данные методы послужили основой модели многофункционального интерактивного комплекса по химии, которая получила условное название «Круги». В новой модели были учтены недостатки существующих интерактивных решений и заложен всесторонний подход в применении продукта как преподавателями, так и обучающимися.

Состав «Balabza.chemistry»

Комплекс Balabza.chemistry разделен на группы. Каждая группа решает определенный набор задач, поставленных в проекте.

В состав входят следующие компоненты:

- «Круги»;
- База данных;
- Система BigCircles;
- Группировка интернет ресурсов.

Разработка учебно-методического материала

Для создания лабораторного практикума и тестирования созданной системы можно применять любой учебный материал. Благодаря этому учебно-методический комплекс можно пополнять и изменять в соответствии с действующими образовательными стандартами. В основу учебного материала были положены химические опыты из книги Жилина Д.М. «Юный химик. 145 опытов с веществами». К этой книге промышленно выпускается набор химического оборудования и реактивов. Это облегчило тестирование комплекса. Было выбрано 30 химических экспериментов, которые отражают основные взаимодействия между химическими соединениями, изучаемые в школьном курсе. Все эти реакции были практически реализованы и отсняты на видеоматериал для реалистического направления.

База данных Cbala_base.

База данных предназначена для систематизированного размещения учебного материала.

Структура базы данных отвечает требованиям созданной модели и позволяет использовать одни и те же ресурсы для различных экспериментов и «кругов-направлений».

BigCircles

Следующая цель проекта — создать единую информационную платформу, которая должна обеспечить эффективное взаимодействие ресурсов с пользователем. За это отвечает система BigCircles, лежащая в основе ядра приложения. Она представляет собой набор классов, процедур и служебных окон.

Группировка интернет ресурсов.

Одним из важных достоинств «Balabza.chemistry» является хорошая масштабируемость. Обеспечивается это за счет выделения больших массивов информации за пределы базы данных и расположения их в группировке интернет ресурсов. Группировка также участвует в обновлении всего комплекса.

Выводы.

В основу платформы положено единство источников материалов и направлений, в которых рассматриваются с различных сторон каждая химическая реакция. Это позволяет решить проблему целостности учебных ресурсов и улучшить качество изложения и эффективность преподавания.

Виртуальные эксперименты дают пользователю возможность самостоятельно исследовать химические явления в удобное время и в любом доступном месте. Весь комплекс делится на группы, которые обеспечивают наглядное и эффективное изложение материала, а также поддерживают устойчивую работу приложения с использованием минимальных требований к пользовательскому оборудованию.

«Balabza.chemistry» имеет собственную группировку интернет ресурсов, которая служит для хранения больших массивов информации, для обновления компонентов платформ, а также для технической поддержки пользователей.

В проекте представлены эксперименты, которые отражают основные взаимодействия между химическими соединениями, изучаемые в школьном курсе. Все эксперименты практически реализованы в новые видеоматериалы, которые в целом составляют одно из направлений «Balabza.chemistry».

ЛИТЕРАТУРА

1. Троелсен Эндрю. / Язык программирования C# 5.0 и платформа .NET 4.5. 6-с изд.: Пер. с англ. М.: ООО "И.Д. Вильямс". 2013. — 1312 с.: ил. — Парал. тит. англ. ISBN 978-5-8459-1814-7 (рус.)
2. Петкович Д. / Microsoft® SQL Server™ 2012. Руководство для начинающих. / Пер. с англ. — СПб.: БХВ-Петербург, 2009. — 752 с.: ил. ISBN 978-5-9775-0854-4
3. Жилин Д. М. / Химический эксперимент в российских школах (Сборник под ред. акад. РАН Лунина В.В. и проф. Кузьменко Н.Е. / "Естественнонаучное образование: тенденции развития в России и в мире" / Изд-во МГУ, 2011. - 240 с. / ISBN 978-5-211-06179-8)
4. Жилин Д. М. / Юный химик. 145 опытов с веществами / Д. М. Жилин. - М.: Издательство «Ювента», 2012. - 176 с.: ил. ISBN 978-5-85429-449-2

Реализация информационной системы для коммуникаций в реальном времени на базе проекта WebRTC

ГУБАРЕВ Владимир Юрьевич
г. Березовский, Кемеровская область
МБОУ СОШ № 1, 11 класс

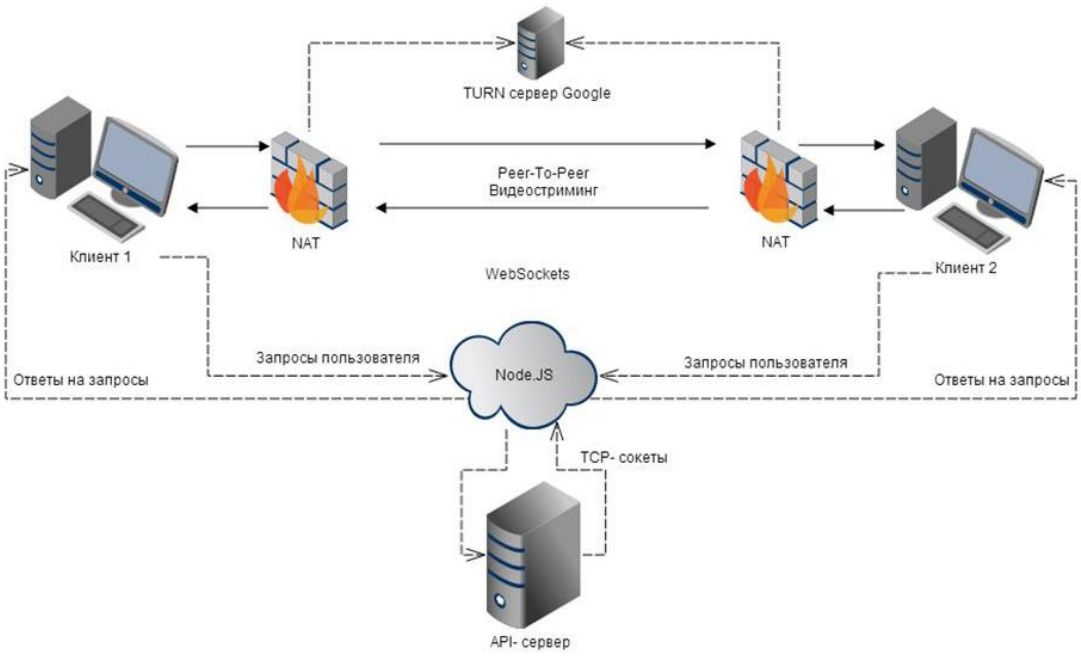
Мы живем в век, когда почти изжили себя проблемы передачи информации на дальние расстояния. Еще тридцать лет назад для звонка в другую часть страны требовалось подать заявку в почтовое отделение, ждать неделями, а после и терпеть не лучшее качество связи. Сегодня доступ в глобальную всепланетарную сеть возможен почти из любой точки земного шара. Интернет дал человечеству потрясающую возможность для мгновенного обмена информацией: сначала текстовой (FIDO), потом аудио (Skype), а в последний десяток лет и видеоинформацией (Skype, Hangouts, WebRTC etc.). Но, несмотря на это, проблема коммуникаций реального времени остается актуальной и сегодня.

Так, основная цель моей исследовательской работы - исследование комплекса WebRTC и реализация на его базе веб – системы для проведения медиа- конференций.

Этот проект дает разработчику возможность использовать готовый набор библиотек и технологий для разработки собственного ПО для организации конференц-связи или же пользоваться готовым интерфейсом прикладного программирования в браузерах, поддерживающих WebRTC, например, в Google Chrome, Mozilla Firefox и Opera. Эта технология бесплатна и доступна для освоения достаточно широкому кругу пользователей, а потому заслуживает внимания и изучения.

WebRTC представляет собой исключительно клиентский набор средств для организации шифрованного канала передачи потоковых данных по технологии «точка - точка». По этой причине для установления соединения между двумя компьютерами необходим промежуточный сервер, например, на Node.js. На рисунке ниже представлена схема сети, включающая двух клиентов и промежуточный сервер TURN, сервер разработчика видеосвязи и NAT провайдера.

Схема сети получается в результате работы следующего алгоритма:



Компьютеры «А» и «Б» соединяются с промежуточным сервером Node.js. Компьютер «А» посылает серверу запрос на создание соединения с «Б», прикладывая к нему SDP - сессию, полученную от STUN\TURN - сервера, с информацией для преодоления сетевых экранов, ведущих к компьютеру «А» из интернета. Компьютер «Б» получает информацию от «А» на соединение и запрашивает STUN\TURN - сервер SDP - сессию для доступа к «Б» из интернета через сетевые экраны, а также с помощью протокола ICE выбирает маршруты в интернете, по которым он может передавать данные компьютеру «А» и отсылает всю информацию обратно. «А» анализирует конфигурацию соединения с «Б» и принимает решение об оптимальном маршруте, исходя из своих путей доступа к «Б», затем отсылает выбранный маршрут к «Б» и готовится принять от него звонок. «Б» получает маршрут и устанавливает шифрованное соединение с компьютером «А» по технологии «точка - точка».

Этот алгоритм легко реализуется даже одним программистом, а благодаря подробнейшей документации к стандарту реализуется очень быстро. Сегодня прогресс во внедрении проекта WebRTC в интернет - браузеры достиг таких высот, что большая часть пользователей уже имеет возможность воспользоваться этим средством. WebRTC имеет огромные области применения:

1) Дистанционное обучение, где рассматриваемая технология заметно выигрывает у почти ставшей историей Flash.

2) Программная основа видеонаблюдения для «умного» дома. «Умный» дом в последние годы приобрел ошеломительную популярность, а видеонаблюдение - очень важная часть этой идеи.

3) Канал передачи данных для браузерных онлайн – приложений.

Вследствие развития веб - технологий разработчики получили возможность создавать полноценные 3D- приложения, в том числе и игры, в которых для связи между собой игроков может использоваться WebRTC.

Из сказанного выше можно заметить, что коммуникации в реальном времени стали неотъемлемой частью жизни современного общества. Интернет непрерывно растет и наполняется интереснейшими проектами, основанными на самых современных стандартах, в число которых входит и Web Real - Time Communication.

Подводя итоги проделанной работы, сделаем важный вывод: несмотря на сильную конкуренцию WebRTC может занять серьезные позиции на рынке коммуникаций реального времени благодаря своей бесплатности, открытости и простоте использования, так как для этого нужен лишь один браузер.

ЛИТЕРАТУРА

1. Adam Bergkvist, Daniel C. Burnett, Cullen Jennings. Официальная документация стандарта WebRTC(Web Real- Time Communication). http://www.w3.org/TR/webrtc/
2. M. Handley, V. Jacobson, C. Perkins. Стандарт протокола SDP http://tools.ietf.org/html/rfc4566
3. R. Mahy, P. Matthews, J. Rosenberg.Стандарт протоколов TURN\STUN http://tools.ietf.org/search/rfc5766
4. Ian Hickson. Стандарт протокола WebSockets http://www.w3.org/TR/2009/WD-websockets-20091222/

СЕКЦИЯ III. СИСТЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ

Разработка алгоритма генерации случайных паролей с заданным уровнем безопасности, удобных для запоминания и использования человеком

ЛАЦЕРУС Каролина Феликсовна
г. Москва, ГБОУ лицей № 1547, 11 класс

Научный руководитель:
Быков Александр Юрьевич,
к.т.н., доцент кафедры
«Информационная безопасность»
МГТУ им. Н.Э. Баумана

Введение.

Пароль – некоторая секретная информация, известная только пользователю и парольной системе, которую пользователь может запомнить и в дальнейшем предъявить при прохождении процедуры аутентификации. Главное достоинство парольной защиты – простота в использовании. Но «хороший», с точки зрения обеспечения безопасности, пароль сложно запомнить человеку, с другой стороны, легко запоминаемые человеком пароли просто взломать.

В данной работе рассмотрено одно из возможных решений этой проблемы – разработка алгоритма генерации паролей, текстовая часть которых состоит из букв русского языка, соответствующих критериям устойчивости, но при этом максимально удобных при запоминании.

Цель работы состоит в разработке алгоритма генерации паролей, соответствующих критериям безопасности и простых в запоминании, и реализация в виде приложения с графическим интерфейсом Qt.

Обзор метрик парольной стойкости

Одной из задач работы является определение наиболее показательных критериев безопасности паролей. В разработанной программе формальной метрикой, определяющей устойчивость пароля к полному перебору, является информационная энтропия по Клоду Шеннону, которая используется с учетом того, что пароль генерируется программой.

Для вычисления полной энтропии пароля в данной работе применён комбинированный метод, объединяющий вычисление энтропии по формуле Шеннона для текстовой части и по формуле Хартли для цифр и спецсимволов (частный случай формулы Шеннона для равновероятных альтернатив).

Формула энтропии по Клоду Шеннону:

$H = \sum P_i \log_2 1/P_i = -\sum P_i \log_2 P_i$,

где H – энтропия Шеннона, P_i - вероятность появления i-го символа.

Формула Хартли для равновероятных событий:

$I=\log_2 N=n \log_2 m$,

где I — количество информации, бит;

N — возможное количество различных сообщений, шт.;

m — количество знаков в алфавите, шт.; n — количество знаков в сообщении, шт.

Описание алгоритмов

Основная задача при составлении текстовой части – максимальное приближение буквенных сочетаний к слову русского языка. Следовательно, сборка подобного пароля должна быть основана на принципах русской фонетики и сочетаемости букв русского алфавита. Для выполнения этой задачи было решено взять за основу сочетаемость биграмм русского языка. В итоге была исследована и проанализирована сочетаемость 295 наиболее часто встречающихся в русском языке биграмм.

Алгоритм генерации текстовой части пароля

Предполагаем, что всего n биграмм. Каждой биграмме ставится в соответствие натуральное число. Составляется матрица A переходов биграмм, состоящая из n строк:

1: 5, 9, … n-1

2: 3, 11, … n-5

…….

i: 8, …, n-2

…….

n: 1, 7 ,

где в каждой i-й строке записаны номера биграмм, которые могут следовать за i-й биграммой.

Пусть $len(i)$ – длина i-й строки массива, т.е. количество биграмм, в которые может перейти i-я биграмма.

Пусть $gen(k)$ – генератор случайных чисел, который равновероятно выдаёт случайное целое число в диапазоне от 1 до k.

Пусть T – номер итерации алгоритма, а L – длина текстовой части пароля.

S_T – номер строки матрицы A, с которой алгоритм работает на шаге T.

$A[i][j]$ – элемент матрицы A, находящийся на j-й позиции в i-й строке.

Тогда алгоритм генерации текстовой части пароля следующий:

1) К паролю добавляется первая биграмма с номером $gen(n)$.

   $T = 2$, $S_T = gen(n)$.

2)

a) Генерируется случайное число $R = gen(len(S_T))$.

b) К паролю добавляется биграмма с номером $N = A[\ S_T\ ][\ R\ ]$.

c) $T = T + 1$.

d) $S_T = N$.

3) Если $T > L/2$, выход, иначе переход к шагу 2.

Пользователю предлагается на выбор два подхода для определения критериев остановки при генерации пароля:

- по заданной длине;

- по заданному уровню безопасности (энтропии).

Алгоритм вычисления энтропии

Информационная энтропия - мера неопределённости или непредсказуемости информации.

Сначала вычисляется энтропия текстовой части пароля. Пусть в таблице переходов имеется N биграмм. Пусть текстовая часть пароля состоит из T биграмм. Появление очередной биграммы в пароле зависит от того, какой была предыдущая биграмма. Поэтому распределение вероятностей биграмм зависит от позиции в пароле. Для i-й позиции это распределение вычисляется следующим образом.

Будем обозначать биграммы цифрами 1…N. $P_i(m)$ - вероятность появления m-й биграммы на i-й позиции, $P(m \mid n)$ - вероятность появления биграммы m при условии, что предыдущей была n-я биграмма. Эта вероятность находится очевидным образом по таблице переходов биграмм из предположения, что переход по таблице происходит равновероятно. Тогда по формуле полной вероятности:

$$P_i(m) = \sum_{n=1}^{N} P(m \mid n) P_{i-1}(n)$$

При условии, что $P_1(m) = 1/N$. По этой рекуррентной формуле последовательно вычисляется распределение вероятностей биграмм для всех позиций 1…T.

Энтропия текстовой части вычисляется по формуле Шеннона, с учётом того, что в каждой позиции своё распределение:

$$H_T = -\sum_{i=1}^{T} \sum_{m=1}^{N} P_i(m) \cdot \log_2 P_i(m)$$

Цифры и спецсимволы с учётом алгоритма сборки пароля образуют дополнительную энтропию, которую можно найти следующим образом.

Пусть количество цифр в пароле L_1, количество спецсимволов L_2. Число комбинаций цифр и спецсимволов составляет:

$$K_1 = 10^{L_1} \cdot S^{L_2},$$

где S – количество используемых спецсимволов.

Формула имеет такой вид, поскольку цифры и спецсимволы генерируются независимо друг от друга.

Теперь необходимо учесть, что в соответствии с алгоритмом сборки пароля, текстовая часть случайным образом разбивается на W слов. Это можно сделать K_2 способами, выбрав из $T-1$ позиции между биграммами $W-1$ разделитель слов без повторений:

$$K_2 = C_{T-1}^{W-1} = \frac{(T-1)!}{(W-1)!\,(T-W)!}$$

Также необходимо учесть, что в соответствии с алгоритмом сборки последовательность цифр и спецсимволов случайным образом разбивается на части, которые будут вставляться между словами, в начало и конец пароля. Это можно сделать K_3 способами, выбрав из $L_1 + L_2 - 1$ позиции в последовательности цифр и спецсимволов W разделителей с учётом повторений:

$$K_3 = \overline{C_{L_1+L_2-1}^{W}} = C_{L_1+L_2+W-2}^{W}$$

В результате последовательность разобьётся максимум на $W+1$ частей, которые будут вставляться между словами, в начало и конец пароля.

Итоговое число комбинаций, которое дадут цифры и спецсимволы составляет:

$$K = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3$$

поскольку этапы выборок осуществляются независимо.

Дополнительную энтропию, которую дадут эти комбинации, можно вычислить, взяв логарифм по основанию два от числа комбинаций:

$$H_D = \log_2 K = \log_2 K_1 + \log_2 K_2 + \log_2 K_3$$

Полная энтропия пароля равна сумме энтропий текстовой части и энтропии цифр и спецсимволов.

$$H = H_T + H_D$$

Свойства алгоритма

Текстовая часть, генерируемая разработанным алгоритмом, имеет достаточно интересное свойство: при случайной генерации текстовой части энтропия вычисляется как

$\log_2 33^L$, L – длина пароля.

$\log_2 33 = 5$.

Т.к. $\log_2 33 = 5$, то длину пароля только из русских букв для энтропии N бит можно определить как N/5.

Посчитаем длину случайного пароля с цифрами и спецсимволами. Пусть энтропия такого пароля равна K и вычисляется как $\log_2(33+10+18)^L$, где L – длина пароля, 10 – кол-во возможных цифр, 18 – кол-во спецсимволов. Следовательно, длина данного пароля вычисляется как K/6. В таком случае длина пароля из цифр, букв и спецсимволов, сгенерированных программой при такой же энтропии K, относится к длине «случайного» пароля как 1.7.

Полученное свойство алгоритма подтверждает удобство его применения. Пользователю гораздо проще запомнить текстовую часть, сгенерированную по данному алгоритму, в сочетании с малым количеством спецсимволов и заданной им самим последовательностью цифр, чем случайный набор букв, цифр и спецсимволов, длинною всего в 0,6 раза меньше.

График зависимости длины паролей от их энтропии представлен на рисунке 1. Отклонение графиков от прямых связано с приближенностью вычислений.

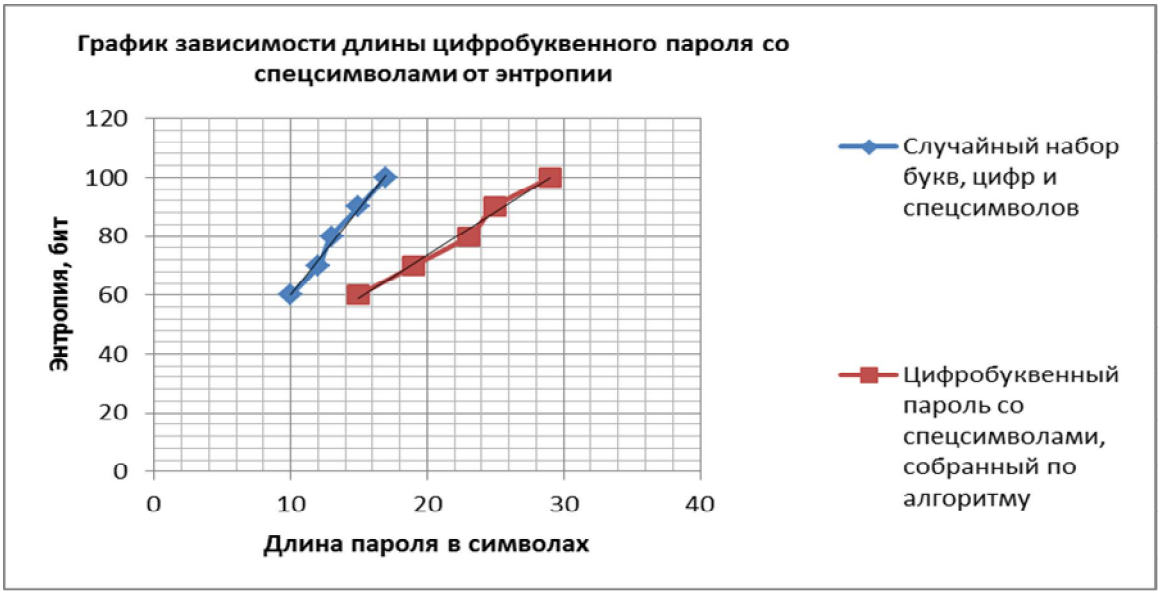


Рис. 1. График зависимости длины цифробуквенного пароля со спецсимволами от энтропии.

Выводы.

Разработанная программа подтвердила эффективность предложенного подхода.

Алгоритм генерации текстовой части выдает буквенные последовательности, по своему фонетическому строению наиболее напоминающие русские слова. При этом выдаваемые программой буквенные комбинации не являются словарными словами и не несут за собой конкретного смысла. Однако подобный алгоритм позволяет максимально приблизить безопасный пароль к привычному для пользователя русскому слову, что позволяет снизить трудности при его запоминании. Нельзя утверждать, что каждый генерируемый программой пароль достаточно легко запомнить, с учетом того, что особенности восприятия текста являются индивидуальными. Поэтому пользователь имеет возможность по желанию изменить разбиение текстовой части цифрами и спецсимволами, изменить спецсимволы в пароле или выбрать другую текстовую часть, которая является для него более удобной.

ЛИТЕРАТУРА

1. Беленко А. «Пароли: стойкость, политика назначение и аудит» Защита информации, Инсайд.2009 №1.
2. Burr W.E. and etc. Electronic Authentication Guideline, NIST Publication 800-63-1.2011
3. Марков Г.А. «Метрики парольной стойкости» Молодежный научно-технический вестник изд. ФГБОУ ВПО «МГТУ им. Н.Э. Баумана» Эл. No. ФС77-51038

Разработка мер по безопасности мобильного банкинга

МУХАМЕТЖАНОВ Руслан Булатович,
г. Москва, ГОУ лицей №1580, 11 класс

Научный руководитель:
Богомолова Наталья Егоровна
доцент кафедры «Защита информации»
МГТУ им. Н.Э. Баумана

Мобильный банкинг - предоставление банковских услуг на основании распоряжения, передаваемых клиентом удаленным образом, используя телефонные сети. Данная услуга улучшает взаимосвязь банка и клиента, но также увеличивает вероятность попадания информации клиента, хранящейся в SMS, в посторонние руки. Эта проблема актуальна в наше время, так как опасность попадания информации в руки третьего лица очень велика. А конфиденциальность данных о клиенте - это одно из главных условий банка при подписании соглашений.

Целью работы является разработка мер по безопасности мобильного банкинга. Для этого в работе проведено описание структуры сети стандарта GSM, рассмотрены принципы организации службы SMS, рассмотрены методы кодирования, в последующем выбран один из них

В данной работе рассмотрен принцип кодирования SMS в банкомате, обслуживающем клиента, с последующим декодированием на телефоне клиента. Для разработки программы были рассмотрены различные способы кодирования и проанализированы действия банкомата.

GSM - глобальный цифровой стандарт для мобильной сотовой связи с разделением канала по принципу TDMA и высокой степенью безопасности благодаря шифрованию с открытым ключом. Оборудование сети GSM включает в себя подвижные станции, базовые станции, цифровые коммутаторы, центр управления и обслуживания, различные дополнительные системы и устройства. Кроме телефонных разговоров абоненты сети могут обмениваться короткими текстовыми сообщениями , для которых разработана служба SMS.

Служба SMS - это услуга пересылки коротких сообщений, позволяющая посылать и принимать текстовые сообщения с использованием мобильного телефона. Каждое сообщение может содержать до 160 символов в коде ASCII. Сообщение SMS поступает в сервисный центр (SMSC), который непосредственно занимается его доставкой, выступая в качестве банка данных, где хранятся сообщения. Приняв сообщение, центр SMS проверяет, находится ли требуемый абонент в данный момент в сети, и если он доступен, сообщение будет доставлено ему в считанные секунды. Если же абонент в данный момент отключен от сети, сообщение хранится в SMS-центре до тех пор, пока не появится возможность его доставить или пока не истечет срок доставки сообщений, который может задать сам отправитель. Служба организована уже много лет, но в настоящее время она все более развивается и находит все новые применения. В частности, она используется для организации SMS-банкинга, рассмотрим его подробнее.

SMS-банкинг-это разновидность технологии дистанционного банковского обслуживания, при котором доступ к счетам и операциям по счетам предоставляется в любое время и с использованием

номера мобильного телефона клиента, предварительно зарегистрированного в банке. Для безопасности SMS-банкинга в данной работе предлагается кодировать двоичный код передаваемых SMS, посылаемых из банкомата.

Алгоритм кодирования информации.

При передаче SMS-сообщения, требуемого при осуществлении услуги мобильного банкинга, вся информация несется в двоичном коде. В данной работе был использован метод перевода двоичного кода в хаотичный ряд цифр, а затем перевод данного ряда в международный пятиэлементный телеграфный код.

Ниже представлен алгоритм перевода двоичного кода в хаотичный ряд цифр.

Алгоритм.

У нас есть бесконечное количество строк. В каждой строке стоит восьмизначное число. Число составлено только из единиц и нулей (двоичный код). Например : 10000000, 10111110, 11111111, 10100011 и т.д. Мы должны закодировать эти числа. Принцип кодирования основан на замене чисел по определённому методу.

Метод замены чисел:

0 заменяем на 0. Ноль будет заменяться только в том случае, когда он стоит в начале строки, например, 01001010. В данном случае ноль вначале заменяется на ноль, в остальных случаях он не будет заменяться, так как это уже будет не отдельно стоящий ноль, а ноль внутри чисел, например, внутри чисел 10 или 100 или 10000000.

1 заменяем на 1. Единица будет заменяться только в тех случаях, когда она повторяется, например 10011000. В данном случае заменяется четвертая единица, так как она не входит ни в одно из чисел, которые я заменяю, так как все мои числа без остатка делятся на 10. Но уже пятая единица не будет поддаваться замене, так как она входит в состав числа 1000, соответственно мы можем разбить данное число на 3 числа:100 ,1,1000.

10 заменяем на 2
100 заменяем на 3
1000 заменяем на 4
10000 заменяем на 5
100000 заменяем на 6
1000000 заменяем на 7
10000000 заменяем на 8 (такой вариант может быть только один, когда заменяемое число - вся строка).

Рассмотрим несколько чисел, проанализировав предыдущие 10 строк, и попробуем соответственно изменить несколько чисел:

- 01101110 -это 012112, потому что наше число разбивается на числа 0,1, 10, 11, 10, а дальше по методу замены чисел , мы заменяем данные числа и получаем результат 012112
- 10000011 это будет 611, так как это число состоит из чисел 100000, 1, 1. Затем мы заменяем числа и получаем 611.

После завершения программы, основанной на данном алгоритме, мы переводим полученный хаотичный ряд цифр в международный пятиэлементный телеграфный код. В конце каждой строчки мы будем ставить комбинацию 00010, что обозначает возвращение каретки в начало строки.

Пример перевода хаотичного ряда цифр в телеграфный код:

21212-11001111011100111011100100010

01312-01101111011000011011100100010

После завершения процесса кодирования SMS сообщение передаётся по сети оператора. После того, как SMS сообщение приходит на телефон клиента, начинается процесс декодирования двоичного кода. Сначала происходит перевод из международного пятиэлементного телеграфного кода в хаотичный ряд цифр, а затем перевод хаотичного ряда цифр в двоичный код.

Выводы.

Таким образом, в данной работе было сделано следующее:

1) проведён детальный анализ стандарта GSM;
2) рассмотрена служба SMS;
3) проведено ознакомление с услугой SMS банкинга;
4) изучены методы равномерного и неравномерного кодирования;
5) изучив равномерный код, составили блок-схему программы, в которой использовался равномерный код;
6) используя блок-схему, составили программу кодирования двоичного кода;
7) изучив телеграфный код, перевели ряд цифр, полученных после процесса кодирования, в международный пятиэлементный телеграфный код;
8) составили программу декодирования информации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Богомолова Н. Е. Системы и сети связи. Учебное пособие. Москва 2007.
2. Шварц М. Сети связи: протоколы, моделирование и анализ: в 2 т. Т.1 М.: Наука , 1992. 276 с.

СЕКЦИЯ IV. ПРИБОРОСТРОЕНИЕ

Управление подъемной силой сверхвысотного летательного аппарата

КАБАНОВ Алексей Олегович
г. Москва, ГБОУ ЦО № 1953, 11 класс

Научный руководитель:
Чулин Николай Александрович,
к.т.н., доцент кафедры
«Системы автоматического управления»
МГТУ им. Н.Э. Баумана

В настоящее одним из приоритетов научно-технического прогресса является переход на более энергоэффективные, экологичные и экономичные технологии. В том числе встает вопрос об использовании электрических или гибридных двигателей при создании летательных аппаратов. Например, переход с реактивной тяги на электродвигатель возможен на больших высотах после набора высоты. Чем выше, тем плотность воздуха меньше, тем он создает меньше препятствий полету. Поэтому требуется меньшая тяга для поддержания той же скорости. Для размещения солнечных батарей и создания подъёмной силы нужна большая площадь поверхности крыла. А для уменьшения сопротивления, наоборот, желательно уменьшать площадь летательного аппарата (ЛА). Ведь при увеличении площади крыла возрастает «омываемая» потоком поверхность, на которой создаётся трение. Особенно это заметно на взлете и при полетах на небольших высотах, где воздух наиболее плотный. Главное преимущество сверхвысотных летательных аппаратов – уменьшение сопротивления.

Целью проекта было рассмотрение возможности создания сверхвысотных летательных аппаратов с изменяемыми размерами крыла, а также способы решения задачи согласования набора высоты с изменением площади крыла и режима полета. Преимущество подобных аппаратов состоит в способности продолжительно барражировать за счет солнечной энергии.

Для того, чтобы ЛА поднялся выше, должна быть больше его подъемная сила. Она зависит от плотности воздуха, которая к высоте 32 км уменьшается примерно в 100 раз. Подъемная сила прямо пропорциональна площади крыла и квадрату скорости. Летательный аппарат, крылья которого будут способны изменять свой размер, при полетах на больших высотах будет иметь преимущество, так как для поддержания подъемной силы потребуется меньшее увеличение скорости. В современных условиях можно реализовать следующий проект беспилотного летательного аппарата (БПЛА).

Для БПЛА предлагается использовать турбовинтовой двигатель, совмещенный с электромотором. С помощью турбовинтового двигателя ЛА будет набирать высоту. Затем турбина отключается, и работу по вращению винта берет на себя электродвигатель.

Существуют множество вариантов возможных конструкций. В предлагаемом мною варианте основа крыла – металлический каркас, нервюры способны телескопически раздвигаться (рис. 1, рис. 2). Расширяющаяся часть представляет собой объем из полимерного материала, заполненный воздухом. Должно быть разделение на отсеки в целях безопасности, между отсеками – специальные клапаны, позволяющие уравнивать давление в соседних объемах.

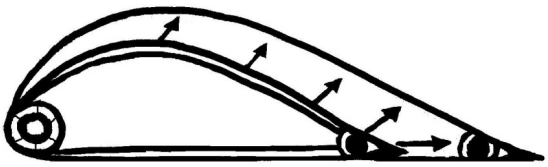


Рис. 1. Сечение крыла

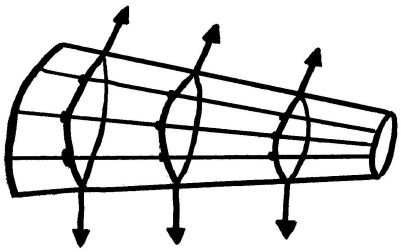


Рис. 2. Крыло, вид сверху

На земле крылья находятся в состоянии, соответствующем наименьшему объему и площади. В большой части оболочки воздух отсутствует, она завернута вокруг образующей крыла. Одновременно с набором высоты происходит постепенное раздвижение крыла. Раздвигаться подобное крыло может, используя естественный источник – разность давления внутри и снаружи. Если этого будет недостаточно, то дополнительное давление в разворачивающейся части оболочки можно создавать за счет подкачки из баллонов со сжатым воздухом.

Управление набором высоты происходит эффективно (т.е. нормально) при соблюдении для любой высоты H балансов, выраженных следующими уравнениями:

$$P\cos\alpha - X_a = 0,$$

$$Y_a + P\sin\alpha - mg\cos\theta = 0,$$

где $X_a = \frac{\rho(H)V^2}{2} SC_{xa}$ - сила сопротивления, $Y_a = \frac{\rho(H)V^2}{2} SC_{ya}$ - подъёмная сила;

(ρ(H) – плотность воздуха на данной высоте, v – скорость ЛА, S – площадь поверхности крыла, а C_{xa} и C_{ya} - аэродинамические коэффициенты сопротивления и подъёмной силы, зависящие, в основном, от формы ЛА и угла атаки α).

Особенно стоит уделить внимание второму уравнению – из него можно определить, на какую высоту поднимется ЛА. При «лётных», т.е. достаточно малых углах атаки действием тяги в этом уравнении можно пренебречь и считать, что сила тяжести в горизонтальном полёте уравновешивается подъёмной силой. Увеличивать подъемную силу можно за счет увеличения площади, скорости, изменения угла атаки. Сбалансированность показателей по мере набора высоты является самым важным и единственным критерием реальности проекта. Найти единственные решения для уравнений баланса сложно: изменяются сразу многие параметры. Можно предложить варианты допустимых значений изменяемых параметров. Так как определенные ограничения отсутствуют, а модели БПЛА могут быть различны (зависит от назначения) было рассмотрено два варианта. Расчеты были сделаны для минимальной (10 кв. м) и максимальной (45 кв. м) начальной площади крыла. При размахе крыла в 25 метров площадь 45 кв. м вполне возможна (рис. 3).

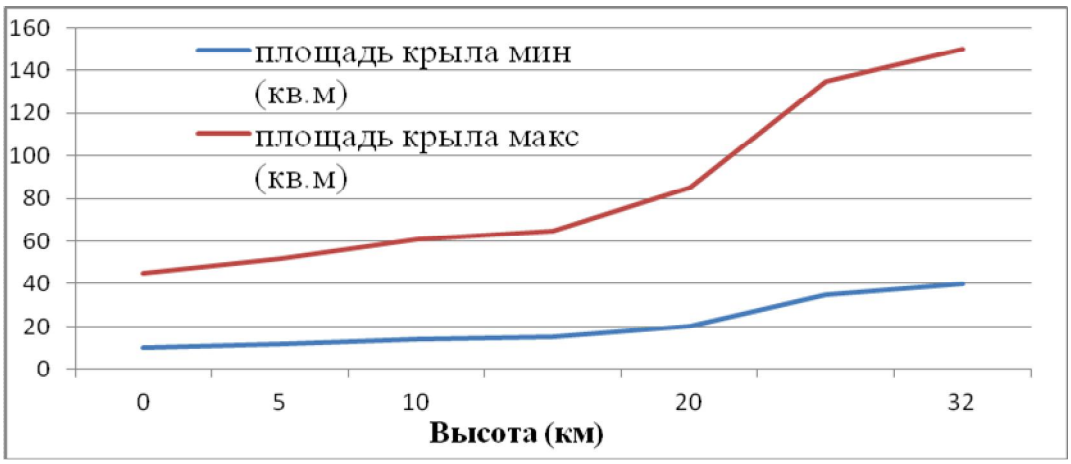


Рис. 3. График изменения площади крыла при подъеме

Примерное изменение скорости при наборе высоты, которое было взято одинаковым в обоих случаях, показано на рисунке 4. На рисунке 5 приведены графики изменения подъемной силы и сопротивления при небольшой площади крыла, на рисунке 6 - графики изменения подъемной силы и сопротивления при большой площади крыла.

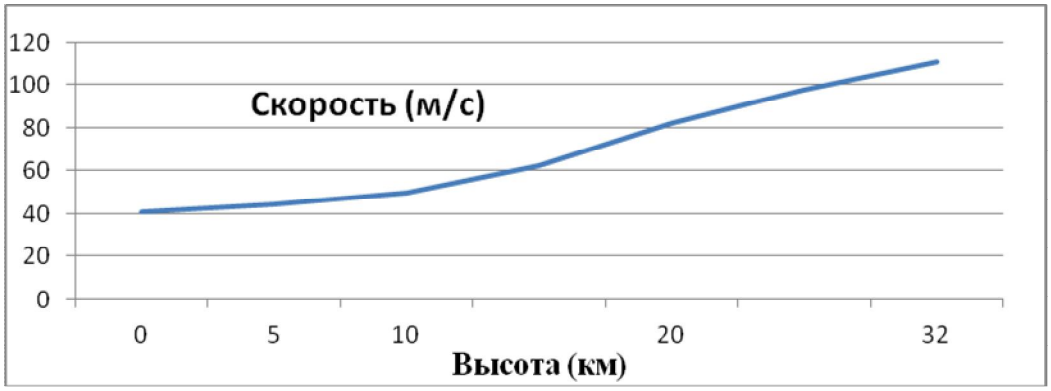


Рис. 4. График изменения скорости при подъеме ЛА

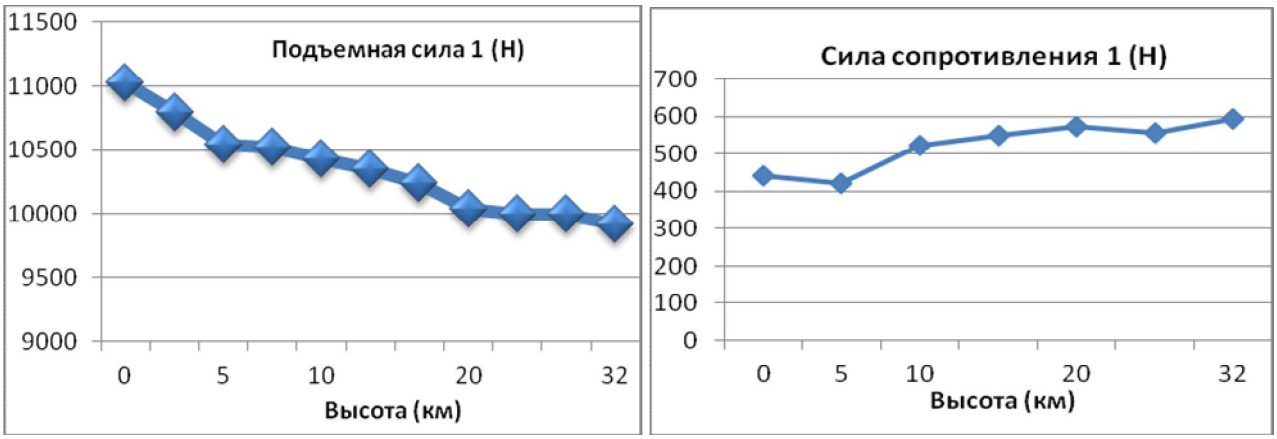


Рис. 5. Графики изменения подъемной силы и сопротивления при небольшой площади крыла

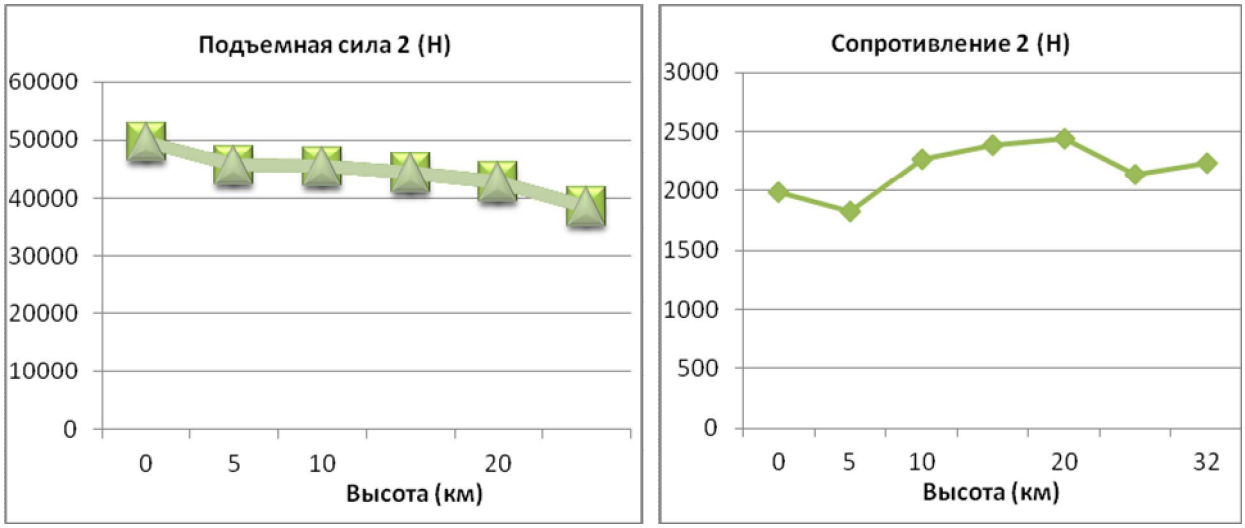


Рис. 6. Графики изменения подъемной силы и сопротивления при большой площади крыла

Увеличить подъемную силу и сбалансировать сопротивление можно за счет увеличения угла атаки и, соответственно, аэродинамических коэффициентов.

Как наглядно видно на графиках, подъемная сила остается почти на одном уровне (постепенное уменьшение – нормальное явление, ведь и вес БПЛА уменьшиться из-за выработки топлива). Постоянная, без резких перепадов подъемная сила обеспечит сбалансированный набор высоты. При горизонтальном полете подъемная сила должна соответствовать весу. Как видно из расчетов, то вес подобного БПЛА может быть от одной до трех тонн. Несомненным достоинством является то, что нет необходимости возить много топлива: после подъема на заданную высоту ЛА может продолжать полет, используя лишь солнечную энергию (за исключением какого-то резервного количества). Функции БПЛА самые разнообразные, как военные, так и гражданские: обеспечение связи и навигации, участие в научно-исследовательских работах и др.

В данной работе была показана возможность создания сверхвысотного летательного аппарата с изменяемой площадью крыла и предложены варианты обеспечения согласованных изменений параметров летательного аппарата и набора высоты. Конструкция перспективна, она позволит использовать более экономичные и экологичные технологии при создании летательных аппаратов. При подборе параметров и проведении расчетов учитывались размеры и параметры реальных беспилотных летательных аппаратов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Коровин А.Е., Новиков Ю.Ф. Практическая аэродинамика и динамика полёта самолётов Як-52 и Як-55. – М.: Изд-во ДОСААФ, 1989.- 360с.
2. Медников В.Н. Динамика полёта и пилотирование самолётов – Монино,1976.- 545с.
3. Ракетная и космическая техника.-2004.-№ 50.-с.5.

СЕКЦИЯ V. РАДИО-ОПТО-ЭЛЕКТРОНИКА

Радиопередающее устройство УКВ диапазона

ЛЕВШИН Алексей Андреевич,
г. Москва, ГБОУ лицей № 1581, 11 класс

Научный руководитель:
Овечкин Василий Сергеевич,
ассистент кафедры
«Радиоэлектронные системы устройства»
МГТУ им. Н.Э. Баумана

Сегодня технология передачи информации на расстоянии встречается повсеместно: и в мобильной связи, и в навигации, и в радио, и даже в беспроводных микрофонах. Принцип передачи информации на расстоянии заключается в том, что отправитель имеет передатчик, который преобразует информационный сигнал в электромагнитную волну и передает в пространство, а получатель имеет приёмник, который улавливает этот сигнал и преобразует электромагнитную волну обратно в исходный сигнал.

Целью данной работы являлась разработка и создание портативного аналогового передатчика УКВ диапазона. Может использоваться, как средство односторонней связи. Передатчик работает в частотном диапазоне 85 – 110 МГц, который относится к диапазону ультракоротких волн: УКВ частота 30 – 300 МГц (длина волны 10 – 1 м). Этот частотный диапазон используется для ведения теле- и радиовещания. А значит, сигнал передатчика может поймать любые современные радиоприемники, которые сегодня встроены даже в мобильные телефоны. Поэтому передатчик можно использовать как бэйби-ситтер (babysitter) для маленького ребенка. Передатчик устанавливают около постели и, когда ребенок заплачет, родители, где бы они ни находились, сразу услышат его через свой телефон. Также передатчик можно использовать как средство экстренного вызова сиделки для лежачих больных. Схема передатчика представлена на рисунке 1.

Разрабатываемое устройство можно разделить на три блока: усилитель звуковой частоты, автогенератор и усилитель высокой частоты, каждый из которых построен на транзисторе BC547. Для снятия информации используется микрофон, а для излучения электромагнитной энергии используется антенна.

Электретный микрофон при среднем звуковом давлении выдает сигнал от 2 до 20 мВ. Этот сигнал поступает на базу транзистора каскада усилителя низкой частоты (УНЧ). Резистор R1 обеспечивает рабочее напряжение на микрофоне. Конденсатор C1 блокирует прохождение постоянной составляющей на первый каскад усиления. Сигнал подается на базу усиливающего транзистора T1. Резистор R2 обеспечивает необходимое напряжение смещения на базе транзистора. Далее сигнал с его коллектора через конденсатор C2, который блокирует постоянную составляющую, поступает на базу генераторного транзистора T2. В данной схеме транзистор T2 включен по схеме с общей базой.

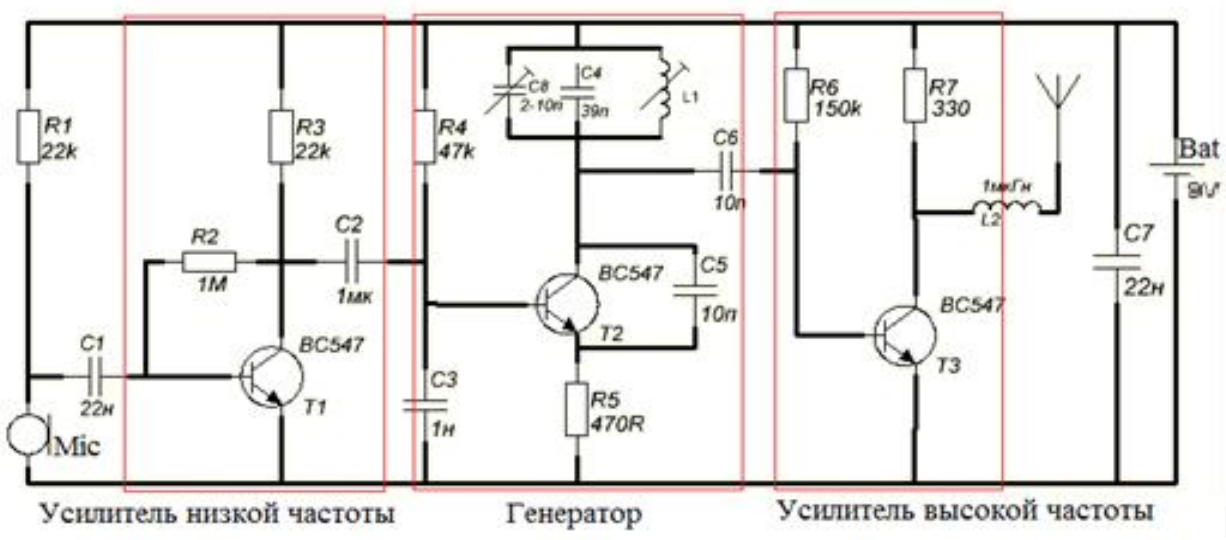


Рис. 1. Принципиальная схема передатчика

Конденсатор C3 блокирует базу генератора с общим проводом, превращая каскад в усилитель с общей базой. Резистор R4 создает на базе смещение рабочей точки. Резистор R5 включен в эмиттерную цепь для ограничения тока, протекающего через транзистор. Положительная обратная связь в каскаде генератора обеспечивается конденсатором C5, включенным между коллектором и эмиттером транзистора.

Конденсатор C4, подстроечные катушка индуктивности L1 и конденсатор C8 образуют частотозадающий колебательный контур и обеспечивают возможность перестройки генератора по диапазону.

Сигнал с коллектора генераторного транзистора T2 через конденсатор C6 поступает в оконечный каскад усиления ВЧ сигнала. В качестве нагрузки выходного каскада усиления выступает штыревая антенна длиной порядка 75 см, настроенная на половину длины волны излучения, что соответствует частоте 92 МГц.

Конденсатор C7, включенный параллельно шинам питания схемы, блокирует прохождение ВЧ и НЧ сигнала в источник питания, тем самым обеспечивая стабильную работу схемы в целом.

На транзисторах BC547 в передатчике собраны усилители звуковой частоты и высокой частоты. Была рассмотрена работа усилителя высокой частоты. Для этого в программе схемотехнического анализа Microcap 9 (Demo) была собрана его схема, представленная на рисунке 2.

В качестве входного сигнала был использован источник синусоидального напряжения V1 с частотой 100 МГц и амплитудой 2 мВ. V2 – источник постоянного напряжения амплитудой 9 В. Любой источник сигнала имеет свое внутреннее сопротивление, поэтому, для того чтобы ток от внешнего источника V2 не протекал через источник V1, ставят блокировочный конденсатор C1. Во избежание искажения сигнала на базу необходимо подавать напряжение смещения, то есть транзистор должен быть постоянно открыт, что обеспечивает резистор R1. Транзистор не может усиливать напряжение ниже 0,7 В, поэтому сигнал на выходе обычно колеблется относительно некоторой точки, в качестве которой обычно выбирают половину напряжения питания. Следовательно, половина напряжения питания должна

падать на резисторе R2, а вторая половина будет падать на транзисторе. Резистор R3 выступает как нагрузка, которой в действительности служит антенна. Конденсатор C2 предотвращает протекание постоянной составляющей в нагрузку. Результаты моделирования усилителя представлены на рисунке 3.

Из результатов временного анализа следует, что транзистор во время работы все время открыт, то есть постоянно усиливает входной сигнал. Коэффициент усиления по напряжению равен 85. Так же можно проследить особенность работы транзисторного усилителя, включенного по схеме с общим эмиттером, которая заключается в повороте фазы выходного сигнала по сравнению с входным на 180 градусов.

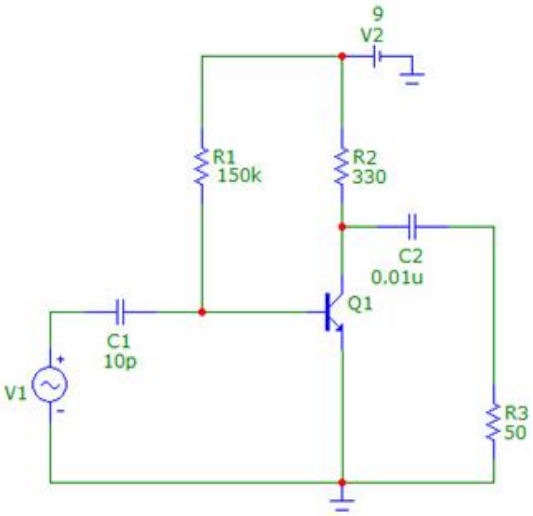


Рис. 2. Схема усилителя высокой частоты

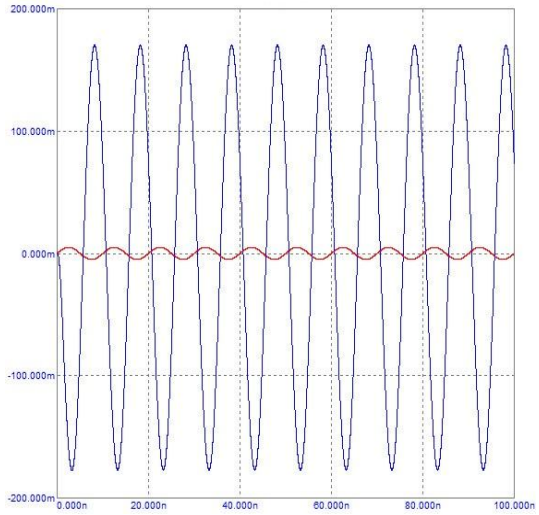


Рис. 3. Входной и выходной сигналы усилительного каскада

Основной частью передатчика является генератор – устройство для получения электромагнитных колебаний определенной частоты, амплитуды и фазы. В генераторе осуществляется преобразование электрической энергии источников питания либо энергии первичных электромагнитных колебаний в энергию генерируемых электромагнитных волн. Рассмотрим принцип работы и устройство генератора с самовозбуждением.

Генератор с самовозбуждением – это усилитель с такой положительной обратной связью, которая обеспечивает поддержание сигнала на выходе усилителя без подачи внешнего входного сигнала.

Генератор состоит из четырех основных частей:

1) колебательный контур,
2) источник питания,
3) активный элемент,
4) цепь обратной связи.

В качестве активного элемента используется биполярный транзистор BC547. Основной частью генератора с самовозбуждением является резонансный колебательный контур, состоящий из

соединенных параллельно конденсатора и катушки. Если, подав на такой контур напряжение, зарядить конденсатор, то в контуре возникнут электромагнитные колебания.

Для получения гармонических колебаний контур, в связи с тепловыми потерями, необходимо постоянно «подпитывать» энергией. С этой целью колебательный контур периодически, с частотой, равной частоте колебаний в контуре, подключается к источнику питания. Это подключение регулирует активный элемент.

Цепь положительной обратной связи осуществляет передачу части выходного напряжения на вход без дополнительного сдвига фазы. Ток через активный элемент будет то возрастать, то уменьшаться. Тем самым будет обеспечена обратная связь между колебательным контуром и активным элементом.

Перед тем как передавать в пространство сгенерированное электромагнитное излучение, необходимо промодулировать его сигналом, который несет информацию. Общий принцип модуляции состоит в изменении одного или нескольких параметров несущего колебания в соответствии с передаваемым сообщением.

В разработанном передатчике применяется частотная модуляция. Она осуществляется посредством действия переменного сигнала звуковой частоты на переходе генераторного транзистора. Изменение частоты происходит за счет изменения внутренних емкостей транзистора. Вслед за изменением напряжения на базе транзистора изменяется и рабочая частота. Так мы получаем частотную модуляцию. Использование частотной модуляции позволяет нам получить высокое качество звучания передаваемого сигнала без искажений.

Антенна является неотъемлемой составной частью любого радиотехнического устройства, которое предназначено для передачи или приема информации с помощью радиоволн через окружающее пространство. В передатчике используется штыревая антенна длиной порядка 75 см, настроенная на половину длины волны излучения, что соответствует частоте 92 МГц. Диаграмма направленности штыревой антенны представляет собой тороид, находящийся в горизонтальной плоскости, и за счёт отражения от Земли приплюснутый снизу. Зона максимального приёма будет во все стороны, а минимального – над штыревым вибратором.

В рассмотренном передатчике нет жестких требований к стабильности частоты, но для повышения качества работы устройства следует стремиться подбирать элементы генератора, обеспечивающие минимальное изменение частоты. Измерения показали, что выходной сигнал, снимаемый с антенны, практически не содержит нелинейных искажений. Частота сигнала может колебаться в пределах 0.5 МГц.

Максимальная мощность была определена с помощью осциллографа и составила 10.7 мВт. Как показала практика, эта мощность позволяет вести устойчивую передачу в радиусе десяти метров, находясь в замкнутом помещении.

Таким образом, было разработано аналоговое передающее устройство УКВ.

Таблица 1. Основные параметры передатчика

Параметр	Значение
Диапазон рабочих частот	85-105 МГц
Мощность	10.7 мВт
Модуляция	ЧМ

ЛИТЕРАТУРА

1. Карпов В.М., Малышев В.А., Перевощиков И.В. Широкополосные устройства СВЧ на элементах с сосредоточенными параметрами // Под ред. В.А. Малышева. – М.: Радио и связь, 1984. – 104 с.
2. Справочник по элементам полосковой техники // Мазепова О.И., Мещанов В.П., Прохорова Н.И., Фельдштейн А.Л., Явич Л.Р. // Под ред. А.Л. Фельдштейна. – М.: Связь, 1979. – 336 с.
3. Малорацкий Л.Г., Явич Л.Р. Проектирование и расчет СВЧ элементов на полосковых линиях. – М.: Сов. Радио, 1972. – 168 с.
4. Yee H.Y., Chang F.C., Auden N.F. N-way TEM-mode broadband power dividers. – IEEE Trans. on MTT, 1980. vol. 18. N 10, p. 682-688.
5. Nagai N., Maekawa E., Ono K. New n-way hybrid power dividers. – IEEE Trans. on MTT, 1997. vol. 25. N 12, p. 1008-1012.

Применение методов компьютерной графики для решения задач фотометрического стерео

КУЗНЕЦОВ Арсений Олегович
г. Москва, ГБОУ лицей №1502 при МЭИ, 11 класс

Научный руководитель:
Горевой Алексей Владимирович,
ассистент кафедры
«Лазерные и оптико-электронные системы»
МГТУ им. Н. Э. Баумана

Введение. Постановка задачи.

В настоящее время для решения задач, связанных с визуализацией трехмерных моделей, активно используются средства компьютерной графики: растровое изображение строится исходя из данных о форме визуализируемых объектов и вспомогательных данных. Параллельно существует множество приложений, для которых требуется решение обратной задачи, то есть приблизительное восстановление геометрии объекта на базе имеющихся визуальных данных. Разработан ряд методов, позволяющих решить эту задачу, таких как стереоскопический метод, фотометрическое стерео, параллаксный метод и другие [1]. Общий подход и сходство используемых математических моделей позволяют применять методы визуализации и методы восстановления рельефа объектов совместно для взаимного контроля и оценки качества. В данной работе рассмотрено совместное использование методов компьютерной графики и метода фотометрического стерео для восстановления рельефа объекта на базе ряда имеющихся изображений объекта, освещенного с различных сторон.

Целью работы является программная реализация метода фотометрического стерео, исследование влияния различных факторов на качество результата работы метода на базе разработанного в ходе выполнения проектной работы программного обеспечения, а также поиск путей его улучшения.

Методы решения прямой и обратной задачи.

При решении прямой задачи (визуализации объекта) целью является получение изображения. Исходно имеются данные об источнике освещения, данные о геометрии объекта (его трехмерная модель) и свойствах его поверхности, положение наблюдателя. На основе этих данных вычисляется освещенность каждой точки выходного изображения. Для задачи восстановления рельефа объекта методом фотометрического стерео известные и неизвестные величины меняются местами: доступна только информация о распределении освещенности в зарегистрированном изображении; данные о геометрии объекта, о положении источников света и наблюдателя неизвестны или известны частично. Математические модели, описывающие распространение света, его взаимодействие с поверхностью объекта и регистрацию изображения с помощью цифровой камеры максимально близко к реальности, будут очень сложны, поэтому используются упрощенные модели: точечный источник света, диффузно отражающая поверхность [2], камера с перспективной проекцией.

Рассмотрим метод восстановления рельефа объекта методом фотометрического стерео [1]. Входными данными алгоритма являются несколько (n) карт освещенности $I_i(x, y)$ $(i = 1 \ldots n;\ n \geq 3)$,

представленных в виде растровых изображений объекта, освещенного разными источниками света под разными углами (рис. 1). Необходимо предположить, что объект отражает исключительно диффузно, так как степенная функция, описывающая зеркальное отражение [2], сложна для выражения из нее вектора нормали, необходимого для восстановления рельефа объекта. Тогда освещенность в каждом пикселе карты можно найти по формуле:

$$I_i(x,y) = k\rho(x,y)\vec{N}(x,y)\cdot\vec{S}_i(x,y), \qquad (1)$$

где (x,y) – координаты пиксела выходного изображения, k – коэффициент, связывающий реакцию камеры с падающим излучением, ρ – коэффициент диффузного отражения в точке объекта, спроецированного в данную точку изображения, i – номер карты освещенности и источника света, $\vec{N}(x,y)$ – нормаль в данной точке объекта, $\vec{S}_i(x,y)$ – направление на источник света из данной точки объекта.

Рис. 1. Пример различных карт освещенности

Первым этапом в работе метода является вычисление нормалей. Для того, чтобы найти три компоненты вектора $\vec{N}$ для данной точки объекта, необходимо составить систему уравнений по формуле (1) для трех значений освещенности в соответствующей точке изображения:

$$\begin{pmatrix} I_1 \\ I_2 \\ I_3 \end{pmatrix} = k\rho \begin{pmatrix} S_{1x} & S_{1y} & S_{1z} \\ S_{2x} & S_{2y} & S_{2z} \\ S_{3x} & S_{3y} & S_{3z} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} N_x \\ N_y \\ N_z \end{pmatrix} \qquad (2)$$

Нормаль в каждой точке объекта, соответствующая конкретному пикселю, вычисляется независимо, поэтому координаты (x,y) в формулах (2-4) опущены; векторы $\vec{N}$ и $\vec{S}_i$ представлены в виде $\vec{N} = (N_x, N_y, N_z)^T$ и $\vec{S}_i = (S_{ix}, S_{iy}, S_{iz})^T$. Для решения обратной задачи требуется решить систему уравнений (2) относительно компонент вектора $\vec{N}$:

$$\begin{pmatrix} N_x \\ N_y \\ N_z \end{pmatrix} = \frac{1}{k\rho} \begin{pmatrix} S_{1x} & S_{1y} & S_{1z} \\ S_{2x} & S_{2y} & S_{2z} \\ S_{3x} & S_{3y} & S_{3z} \end{pmatrix}^{-1} \cdot \begin{pmatrix} I_1 \\ I_2 \\ I_3 \end{pmatrix} \qquad (3)$$

После нормировки полученного вектора $\vec{N}$ множитель $\frac{1}{k\rho}$ уйдет, при этом направление вектора нормали сохранится. Таким образом, помимо трех карт освещенности $I_i(x,y)$, необходимыми входными

данными для рассматриваемого алгоритма являются векторы $\vec{S}_i(x,y)$ направлений на источник света. Чтобы сделать возможным однозначное определение вектора $\vec{N}$ по формуле (3), принимается, что источники света располагаются на расстоянии, значительно превышающем поперечные размеры объекта, и направление векторов $\vec{S}_i$ приблизительно одинаково для всех точек объекта.

Следующим этапом является восстановление рельефа. Для принятой проективной модели камеры каждой видимой точке соответствует единственная точка объекта и вектор нормали. Восстанавливаемую поверхность можно представить в виде функции $z = f(x,y)$ и рассчитать производные этой функции по полученным векторам нормалей:

$$\frac{\partial f}{\partial x} = \frac{N_x}{N_z}; \quad \frac{\partial f}{\partial y} = \frac{N_y}{N_z} \qquad (4)$$

Далее можно получить значение высоты z для каждого пикселя изображения (u,v), проинтегрировав производные по некоторой траектории, например

$$f(u,v) = \int_0^v \frac{\partial f}{\partial y}(0,y)\,dy + \int_0^u \frac{\partial f}{\partial x}(x,v)\,dx + c \qquad (5)$$

Принятая в формуле (5) запись подразумевает непрерывность функции $z = f(x,y)$ на всем пути интегрирования и наличие вычисленных производных в каждой точке траектории, что не всегда выполняется на практике из-за взаимного перекрытия или затенения частей объекта. Кроме этого, из-за шумов при регистрации изображений вычисления с использованием разных траекторий могут отличаться. Поэтому выбор траектории суммирования для вычисленных карт производных является отдельной нетривиальной задачей.

Программная реализация.

В ходе выполнения работы было разработано программное обеспечение, предназначенное для решения как прямой, так и обратной задачи. Работа программы разбивается на два этапа:

1) Визуализация исходного объекта, генерация карт освещенности.
2) Восстановление рельефа объекта методом фотометрического стерео.

Программное обеспечение реализовано на языке программирования C++. В качестве среды разработки была использована Microsoft Visual Studio 2012.

Задачи визуализации, а также ряд задач, связанных с реализацией метода фотометрического стерео, в ходе разработки программы были перенесены с центрального процессора на графический ускоритель с целью увеличения производительности. Для работы с графическим процессором в программе была использована библиотека OpenGL [3], а также язык программирования шейдеров GLSL [4,5].

Наличие функции визуализации позволяет получить исходные данные в виде растровых изображений для дальнейшей отработки метода фотометрического стерео. Тем самым реальный эксперимент заменяется виртуальным с хорошо контролируемыми условиями. Пользователь сам определяет сложность используемых математических моделей: источника света, взаимодействия излучения с поверхностью объекта, камеры, и параметры этих моделей. Степень соответствия этих

моделей допущениям, принятым при разработке алгоритма фотометрического стерео, определяет то, насколько благоприятны заданные условия для работы алгоритма.

На втором этапе обработки к полученным картам освещенности применяется метод фотометрического стерео. Обрабатывается каждый пиксель карты освещенности, после чего генерируется карта нормалей, происходит расчет карты производных. Далее производные суммируются для получения рельефа исходного объекта. Для контроля результата расчетов программа имеет возможность отображения результатов вычислений на каждом из этапов (рис. 2).

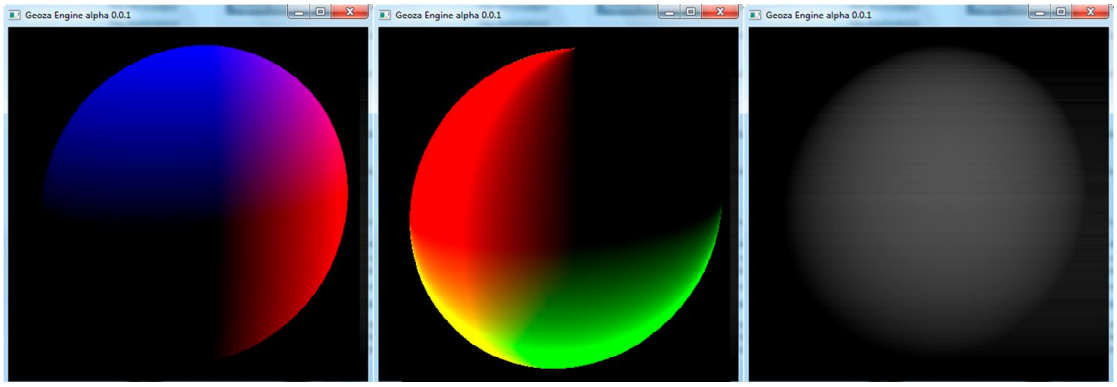


Рис. 1. Результаты работы программы для каждого этапа алгоритма фотометрического стерео на примере объекта простой формы (сферы): с*лева* – восстановленные нормали объекта, *по центру* – карта производных, *справа* – восстановленный рельеф

Помимо выбора текстурированной трехмерной модели объекта и параметров регистрирующей камеры, в программе реализована возможность добавления зеркальной составляющей отражения света и симуляции шума камеры с возможностью регулирования их параметров (рис. 3).

Разработанное программное обеспечение позволяет качественно и количественно оценить влияние различных факторов на результат восстановления рельефа. Например, можно проанализировать зависимость среднеквадратического отклонения трехмерных координат точек восстановленной модели

Рис. 2. Визуализация с различным уровнем шума (слева) и различными коэффициентами блеска и зеркальной составляющей (справа)

объекта от исходной (идеальной) модели в зависимости от величины среднеквадратического значения шума камеры. Другим применением программы является определение оптимального расположения источников света и камеры для конкретного объекта, которое позволит получить минимальную площадь затенения объекта его выступающими частями (для этого источники света нужно расположить максимально близко друг к другу) и максимальную точность восстановления рельефа (для этого

требуется расположить источники на максимальном удалении друг от друга). Также можно оценить влияние условий видимости различных частей объекта на ошибки восстановления рельефа, вызванные интегрированием высот по выбранной траектории (рис. 4).

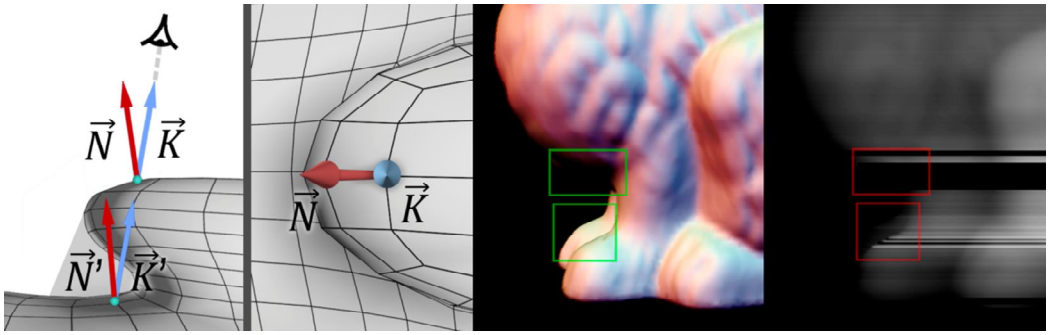


Рис. 4. Влияние условий видимости на восстановление рельефа. Ошибки восстановления рельефа, вызванные интегрированием по строкам, при взаимном перекрытии частей объекта

Разработанные программные модули также могут быть применены при обработке данных реальных экспериментов для сравнения результатов с результатами моделирования. Такой подход применяется для решения задачи определения оптимальных параметров математической модели взаимодействия излучения с поверхностью объекта или определения расположения источников света.

Заключение

В ходе работы над проектом был изучен и реализован метод фотометрического стерео. В результате было разработано программное обеспечение, выполняющее как задачу визуализации, так и задачу восстановления рельефа объекта. Было исследовано влияние различных факторов на работу метода, а также найдены пути улучшения конечного результата.

В будущем предполагается разработка и реализация более совершенных и универсальных алгоритмов интегрирования производных на этапе восстановления высот точек объекта, позволяющих минимизировать или избежать характерных недочетов метода фотометрического стерео. Также предполагается возможность комбинирования данного метода с иным (например, стереометрическим методом) для более совершенного восстановления геометрии модели.

ЛИТЕРАТУРА

1. Forsyth D.A., Ponce J. Computer vision: a modern approach. 2 ed. Upper Saddle River, NJ, USA: Prentice-Hall, Inc., 2011.
2. Бутиков Е.И. Оптика. Учебное пособие для студентов физических специальностей вузов. 2-е изд., перераб. и доп. : — СПб.: изд-во «БХВ-Петербург», 2003.
3. Shreiner Dave, Graham Sellers, John Kessenich, Bill Licea-Kane. OpenGL Programming Guide, 8th Edition. Boston, USA: Addison-Wesley, 2013.
4. Боресков А. Разработка и отладка шейдеров. : — СПб.: изд-во «БХВ-Петербург», 2006.
5. Боресков А. Расширения OpenGL. : — СПб.: изд-во «БХВ-Петербург», 2005.

Исследование формы колебаний генераторов стандартных сигналов

ПОДГАЕЦКИЙ Николай Александрович
г. Москва, ЦО № 175, 11 класс

Научный руководитель:
Федоркова Нина Валентиновна к.т.н., доцент кафедры «Технологии приборостроения» МГТУ им. Н.Э. Баумана

Важнейшими прикладными направлениями радиоэлектроники являются радиосвязь, телевидение, радиотелеуправление, кибернетика и вычислительная техника. Известно, что в теории сигналов широкое применение нашли два способа математического и физического представления электрических колебаний: временной и спектральный.

При временном способе анализа сигнал отражают непрерывной функцией времени или совокупностью элементарных импульсов, следующих друг за другом через определенные интервалы времени. При спектральном способе использует разложение сигналов в тригонометрический ряд Фурье. Также надо отметить, что какой бы ни был сложный сигнал, мы можем его представить с помощью преобразования Фурье.

Оно основано на представлении сигнала в виде суммы гармонических составляющих разных, обычно кратных друг другу, частот в виде:

$$u = U_0 + \sum_{n=1}^{\infty} U_{nm} \sin(n\omega t + \psi_n).$$

Спектральный способ позволяет выявить изменение сигнала по преобразованию спектра.

В данной работе исследуются спектр и форма колебаний сигналов, создаваемых промышленно изготовленными генераторами сверхвысоких частот, и оценка соответствия характеристик, заявленных производителем.

Целью же моей работы является исследование стандартных измерительных генераторов сверхвысоких частот следующих типов и определение их погрешностей при установке:

- генератор непрерывных синусоидальных колебаний типа Agilent E8257D,
- генератор амплитудно-модулированных колебаний типа Agilent E4420B,
- генератор видеоимпульсов типа Г5-63,
- генератор радиоимпульсов Tektronix DPO7.

Ход эксперимента. Мною были проведены исследования на следующем измерительном стенде (рис. 1):

Рис. 1. Измерительный стенд

Так, измеряемый сигнал с генератора Agilent E8257D (рис.2) частотой f = 500 МГц и мощностью P с. = 0 дБм (1 мВт) подавался на входы осциллографа и анализатора спектра через 3 дБ делитель мощности. При этом потери в соединительных кабелях составляли 1 дБ.

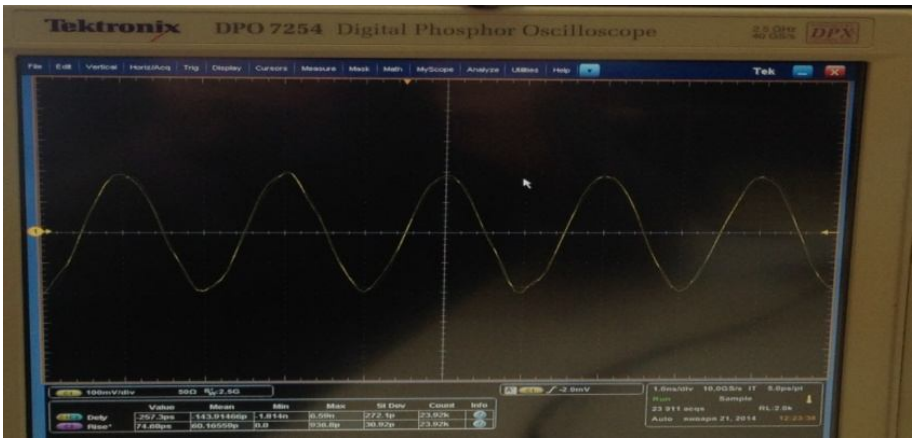


Рис. 2. Временное представление синусоидального сигнала

Согласно измерениям амплитуда сигнала составляет 200 мВ на входе осциллографа. На рис. 3 приведен вид выходного спектра непрерывного сигнала. Согласно результатам измерения мощность спектральной составляющей равна 4 дБм (0.4 мВт).

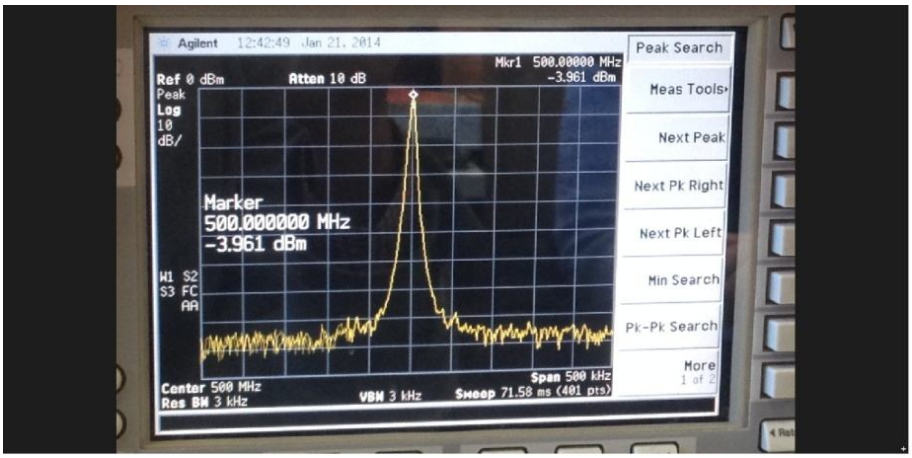


Рис. 3. Вид выходного спектра непрерывного сигнала

Исследование амплитудно-модулируемого сигнала (АМ)

АМ сигнал имел следующие характеристики на выходе генератора Agilent E4420B: частота несущей Fo = 500 МГц, частота модуляции F мод = 50 КГц, мощность несущей сигнала на входе осциллографа 4 дБм, глубина модуляции m = 10 %.

На рисунке 4 приведен вид спектра данного амплитудно-модулированного сигнала. Согласно полученным данным, выходной спектр амплитудно-модулированного сигнала содержит 3 спектральных составляющих с частотами: 500 ± 0,05 МГц и амплитудами -0.4 дБм и -26 дБм.

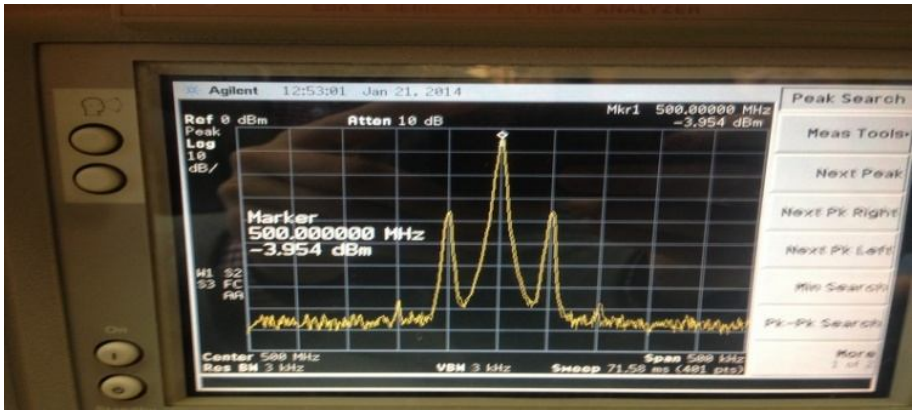


Рис. 4. Спектр амплитудно-модульного сигнала

Исследование формы сигнала с помощью осциллографа показало, что изменение амплитуды происходит в пределах от 160 до 200 мВ в диапазоне ΔA = 60 мВ.

Исследование формы последовательности видеоимпульсов

С выхода генератора Г5-63 подавалась последовательность видеоимпульсов со следующими параметрами: длительность импульса Тимп =20 мкс, период следования импульсов Тимп = 80 мкс. На рис. 5 приведена фотография формы и спектра последовательности видеоимпульсов.

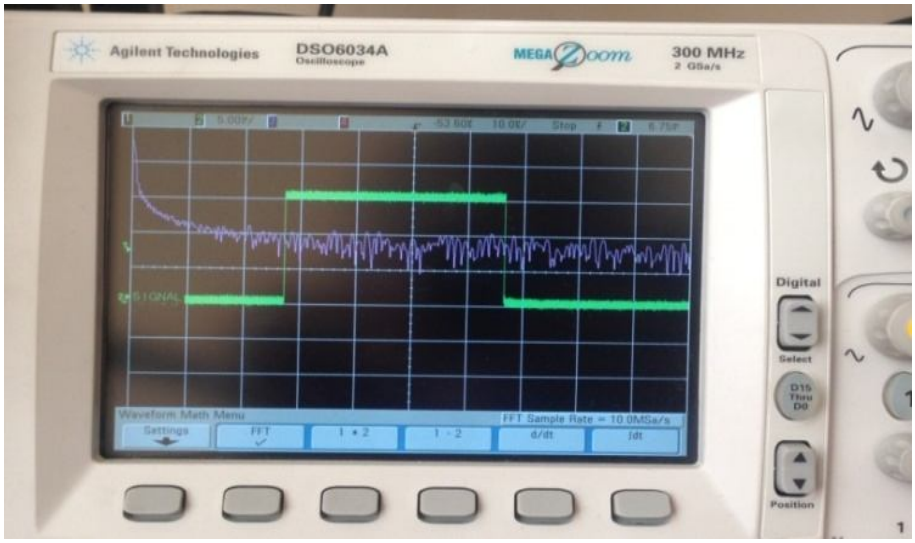


Рис. 5. Фотография видеоимпульса сигнала

Исследование формы последовательности радиоимпульсов

С выхода генератора Tektronix DPO7 подавалась последовательность радиоимпульсов со следующими параметрами: длительность импульса Тимп =20 мкс, частота радиосигнала 500 МГц, период следования импульсов Тимп = 80 мкс. На рис. 6 приведена фотография формы импульса сигнала.

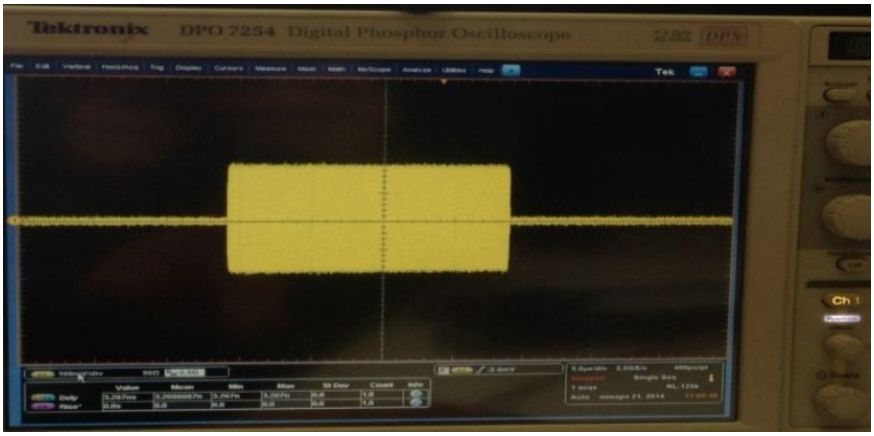


Рис. 6. Форма импульсного сигнала

Соответственно, частота следования импульсов составляет f = 12,5 КГц. На рис. 7 представлена фотография последовательности нескольких радиоимпульсов

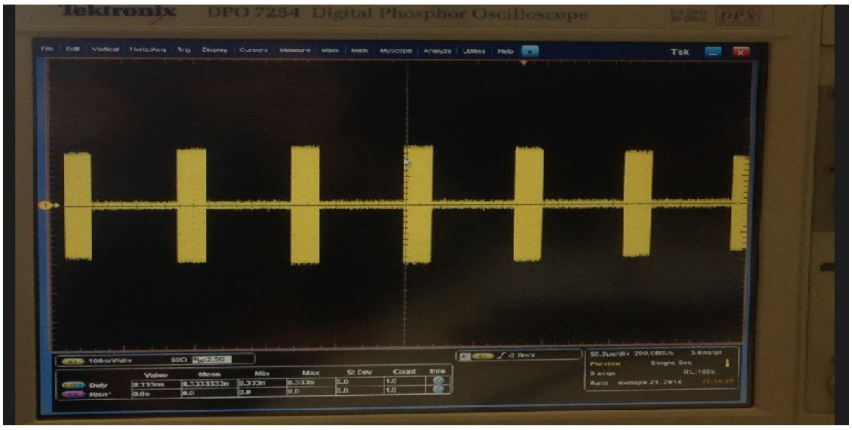


Рис. 7. Последовательность радиоимпульсов

Вид спектра импульсного сигнала приведен на рис. 8.

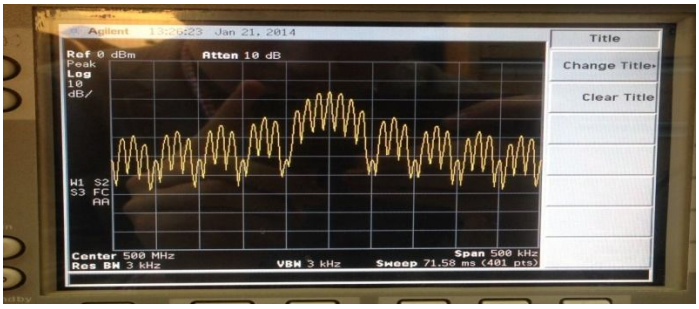


Рис. 8. Спектр радиоимпульсного сигнала

Спектр представляет собой отдельные составляющие, находящиеся на расстоянии 12,5 КГц друг от друга, модулированные по амплитуде с периодом Т = 50 КГц. Центральная частота находится в точке 500 Мгц.

На следующем этапе исследовалась нестабильность спектра выходного сигнала генератора типа Agilent E 8257D.

Данный генератор аналогового типа СВЧ диапазона генерирует сигналы в полосе частот от 250 КГц до 40 ГГц, со следующими параметрами:

- временная нестабильность частоты за год: $\pm 3 \times 10^{-8}$, $\pm 2{,}5 \times 10^{-10}$ в день,
- максимальная выходная мощность Р = 16 дБм (40 мВт).
- амплитуда второй гармоники не выше -70 дБ относительно амплитуды первой гармоники.

С выхода генератора снималась частота 10 ГГц. Теоретически, выходной спектр сигнала должен представлять собой одну спектральную линию. На практике на выходе присутствуют гармоники сигнала. Максимальной является амплитуда второй гармоники. Ее величина нормируется в технической документации на прибор (рис. 9).

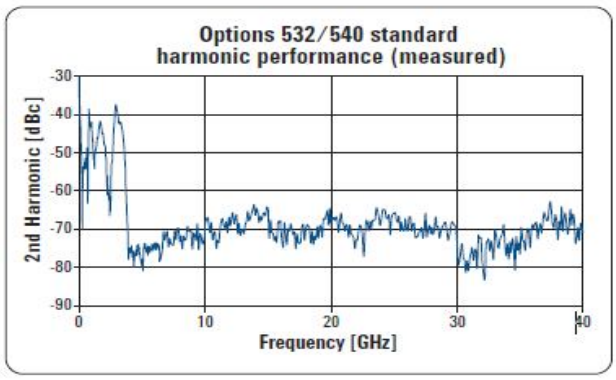


Рис. 9. Допустимое значение амплитуды второй гармоники сигнала относительно первой гармоники.

Для данного прибора на частоте 10 ГГц амплитуда второй гармоники не должна быть выше уровня 70 dB.

В результате экспериментального исследования установлено, что на выходе ГС присутствуют гармоники порядка выше второго.

Измерялась амплитуды второй и третьей гармоник сигнала. В таблице 1 приведены их зависимости для различных уровней выходной мощности.

Оценим уровень выходной мощности генератора непрерывного синусоидального сигнала Agilent E8257D путем измерения амплитуды сигнала на входе осциллографа. Согласно полученным данным амплитуда сигнала на входе осциллографа составляет 200 мВ. Расчет по формуле $P_{вх} = U^2/2R_{осц}$ дает значение мощности 0,4 мВт, что соответствует показанию на экране монитора анализатора спектра 4 дБм.

Уменьшение мощности генератора от 1 мВт до 0,4 мВт произошло из-за потерь в тракте сигнала 4 дБ. Оценим результаты измерения АМ сигнала. Глубина амплитудной модуляции согласно формуле m =

ΔUm/Umo = (Umax-Umin)/(Umax+Umin) = (200-160)/(200+160) = 11% , что практически соответствует заданному значению.

Таблица 1. Зависимости гармоник для различных уровней выходной мощности

Выходная мощность генератора сигнала, дБм .	Номер гармоники, амплитуда гармоники, дБм		
P вых	1	2	3
0	-0,5	-	-
16	16	-52	-

Вид спектра видеоимпульса (рис. 5) представляет собой последовательность гармоник, наибольшая из которых имеет нулевую частоту, что соответствует данным теории.

Вид спектра радиоимпульса (рис. 8) представляет собой последовательность гармоник, наибольшая из которых имеет частоту, равную частоте ГС, что соответствует данным теории.

Для генератора типа Agilent E 8257D амплитуда второй гармоники не должна быть выше уровня 70 дБм относительно первой (рис. 9).

Экспериментальные результаты (табл. 1) показывают, что:

- амплитуды гармоник зависят от величины выходной мощности генератора;
- при максимальной мощности генератора амплитуда второй гармоники выше необходимого уровня на 2 дБ и составляет – 68 дБ.

Выводы.

1. Теоретическое и экспериментальное исследование временного и спектрального представления выходных сигналов измерительных генераторов показало, что в целом их характеристики удовлетворяют указанным в описаниях значениям.

2. В результате проведенных экспериментальных исследований выявлено незначительное увеличение (на 2 дБ) уровня второй гармоники выходного сигнала генератора Agilent E 8257D относительно технических характеристик, указанных в паспорте аппаратуры.

3. Поскольку данная измерительная аппаратура используется для настройки радиоэлектронной аппаратуры, необходимо учитывать полученные результаты при высокоточных измерениях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Белов Л.А. Устройства формирования СВЧ-сигналов и их компоненты. - М.: Издательский дом МЭИ, 2010 - 319 с.
2. Нефедов В.И. Основы радиоэлектроники и связи. – М.: Высшая школа, 2002
3. Кугушев А.М., Голубева Н.С. Основы радиоэлектроники (Линейные электромагнитные процессы). - М.: Энергия, 1969. - 880 с.
4. Белоцерковский Г.Б. Основы радиотехники и антенны, Ч. 1 Основы радиотехники, М.: Сов. радио, 1969.

СЕКЦИЯ VI. БИОМЕДИЦИНСКАЯ ТЕХНИКА

Разработка генератора озона, предназначенного для дезинфекции и ускоренного заживления поверхностных ран

САТАНЕНКО Артем Алексеевич
г. Москва, школа №1286, 11 класс

Научный руководитель:
Кудашов Иван Александрович, ассистент кафедры «Медико-технические информационные технологии»
МГТУ им. Н.Э. Баумана

На сегодняшний день широко распространены различные методы заживления поверхностных ран с использованием сильных окислителей. В качестве окислительного вещества чаще других используется кислород. Однако некоторые специалисты считают также возможным использование озона. Действительно, озон – это трехатомная аллотропная модификация кислорода, и он имеет более сильные окислительные свойства, что расширяет спектр его применения в медицине. Однако медицинские озонаторы сильно ограничены по своему применению ввиду следующего ряда факторов:

- низкая эффективность производства озона;
- большое потребление энергии генератора озона;
- сложность и нестабильность работы схемы устройства;
- низкий уровень безопасности.

В ходе исследований была разработана инновационная схема озонатора на основе качера В.И. Бровина [3]. Схема изображена на рисунке 1.

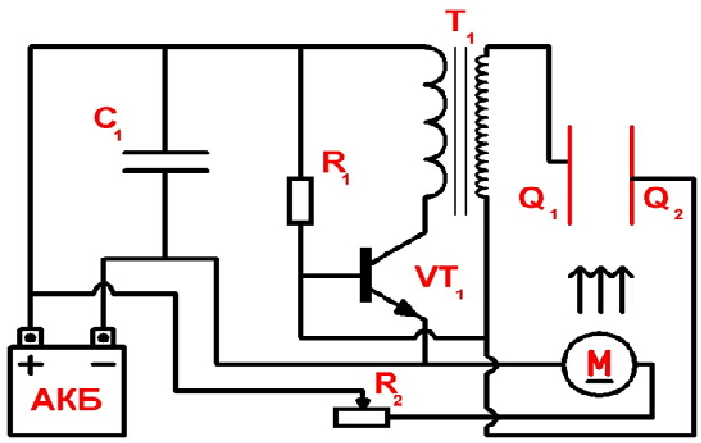


Рис. 1. Инновационная схема озонатора (C_1 - конденсатор, R_1 - резистор, T_1 - трансформатор, VT_1 - транзистор NPN-типа, R_2 - подстроечный резистор, M – вентилятор; Q_1, Q_2 - выходные электроды (пластины), АКБ – аккумуляторная батарея)

Помимо этого в устройство были привнесены следующие изменения: повышена частота работы; увеличена площадь взаимодействующих поверхностей расположенных вертикально выходных электродов. Собранный аппарат представлен на рисунке 2.

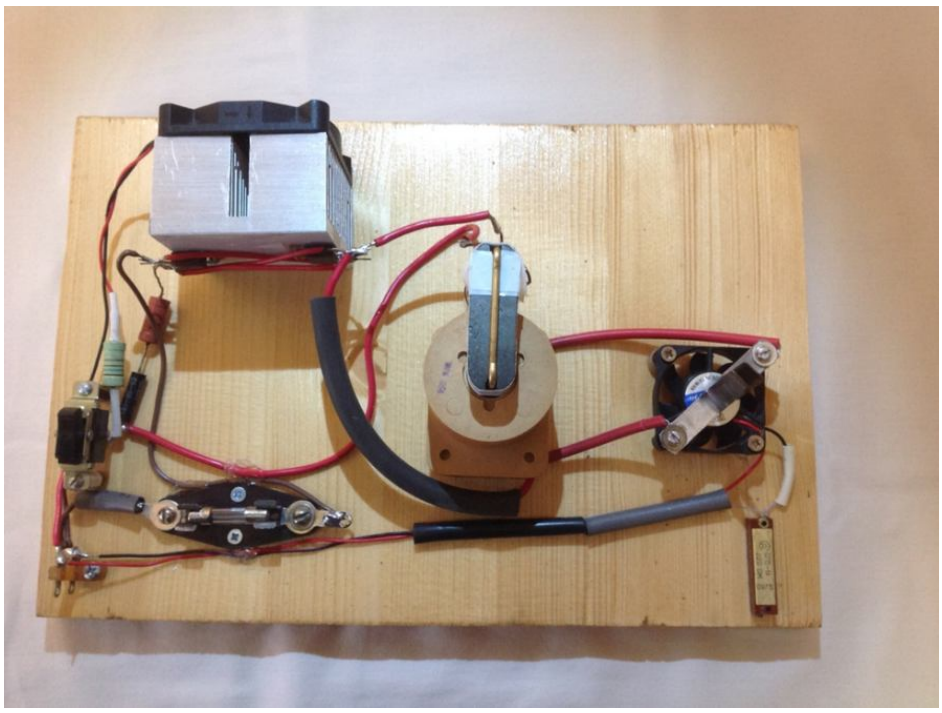


Рис. 2. Внешний вид демонстрационного макета

После запуска устройства не было обнаружено каких-либо отклонений от правильной и ожидаемой работы устройства, поэтому следующим шагом стало снятие осциллограммы сигнала на первичной обмотке трансформатора T_1 с целью лучшего понимания работы схемы (рис. 3).

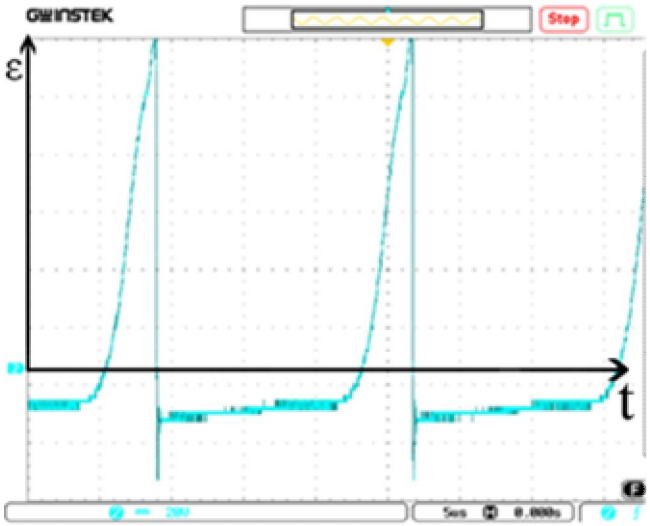


Рис. 3. Зависимость ЭДС самоиндукции от времени

Форма сигнала в данном случае перевернута, чтобы нагляднее продемонстрировать резкие всплески ЭДС самоиндукции. В этот период времени транзистор закрыт, цепь с катушкой индуктивности разомкнута, поэтому создается высокая разность потенциалов на выходных электродах катушки за счет накопленной ею энергии. Следующим этапом стало снятие выходных показателей и расчеты.

Аналог

Напряжение: $U_0 = 17{,}8$ В

Пусковой ток: $I_1 = 3{,}25$ А

Номинальная сила тока: $I_1' = 3{,}15$ А

Общая мощность: $P_{01} = U_0 \times I_1' = 17{,}8$ В $\times$ 3,15 А = 56,1 Вт

Мощность, потерянная на задающем генераторе: $P_1'' = U_{ген} \times I_{ген} = 10$ В $\times$ 0,044 А = 0,44 Вт

Мощность, потерянная на работе системы охлаждения: $P_1'' = U_0 \times I_м = 17{,}8$ В $\times$ 0,126 А = 2,25 Вт

Эффективная мощность: $P_1 = P_{01} - P_1' - P_1'' = 53{,}4$ Вт

КПД₁: $\eta = P_1 / P_{01} = 53{,}4$ Вт / 56,1 Вт = 95 %

Посчитаем мощность искры и ее эффективность:

$$P^* = U_0 \times (I_1 - I_1') = 17{,}8 \text{ В} \times (3{,}25 \text{ А} - 3{,}15 \text{ А}) = 1{,}8 \text{ Вт}$$

$$КПД_1^* = P^* / P_1 = 1{,}8 \text{ Вт} / 53{,}4 \text{ Вт} = 3{,}4 \%$$

Инновационное устройство

Напряжение: $U_0 = 17{,}8$ В

Пусковой ток: $I_2 = 3{,}2$ А

Номинальная сила тока: $I_2' = 2{,}6$ А

Общая мощность: $P_{02} = U_0 \times I_2' = 17{,}8$ В $\times$ 2,6 А = 46,3 Вт

Мощность, потерянная на резисторе: $P_2' = U_{R1} \times I_{R1} = 4$ В $\times$ 0,012 А = 0,048 Вт

Мощность, потерянная на работе системы охлаждения: $P_2'' = U_0 \times I_м = 17{,}8$ В $\times$ 0,126 А = 2,25 Вт

Эффективная мощность: $P_2 = P_{02} - P_2' - P_2'' = 44$ Вт

КПД₂: $\eta = P_2 / P_{02} = 44$ Вт / 46,3 Вт = 95 %

Посчитаем мощность искры и ее эффективность:

$$P^* = U_0 \times (I_2 - I_2') = 17{,}8 \text{ В} \times (3{,}2 \text{ А} - 2{,}6 \text{ А}) = 10{,}7 \text{ Вт}$$

$$КПД_2^* = P^* / P_2 = 10{,}7 \text{ Вт} / 44 \text{ Вт} = 24{,}3 \%$$

Сведем полученные результаты в таблицу 1.

Таблица 1. Выходные характеристики устройства-аналога и инновационного устройства

Характеристики	**Устройство-аналог**	**Инновационное устройство**
Рабочая частота	1-5 кГц	45-50 кГц
Общая потребляемая мощность	56,1 Вт	46,3 Вт
Потери мощности на поддержание рабочей частоты	0,44 Вт	0,048 Вт
Потери мощности на систему охлаждения	2,25 Вт	2,25 Вт
КПД установки	95 %	95 %
Мощность искры	1,8 Вт	10,7 Вт
КПД искры	3,4 %	24,3 %

Как можно заметить, аппарат, разработанный по новым предложенным спецификациям, характеризуется следующим:

- Потребляет меньше энергии;
- Его эффективность примерно в 7 раз выше, чем у устройства-аналога;
- Несложен в сборке и практически не требует особой настройки;
- Компактен, безопасен и стабилен в работе.

Выводы: Вышеперечисленные достоинства аппарата позволяют использовать его с высокой эффективностью для дезинфекции и ускоренного заживления поверхностных ран. Данный прибор нельзя считать завершенным, поскольку это лишь макет. Устройство нуждается в усовершенствованиях и модернизациях, в частности, технических, являясь лишь отправной точкой в дальнейших исследованиях в данной области.

ЛИТЕРАТУРА

1. Г.И. Волович. Схемотехника аналоговых и аналогово-цифровых электронных устройств. - Москва: Додэка XXI, 2011. - 528 с.
2. Ю. В. Филиппов, В. А. Вобликова, В. И. Пантелеев. Электросинтез озона // МГУ им. М. В. Ломоносова. — Москва: Издательство МГУ, 1987.
3. В.В. Лунин, М.П. Попович, С.Н. Ткаченко. Физическая химия озона. – Москва: Изд-во МГУ, 1998. – 480 с.

СЕКЦИЯ VII. СПЕЦИАЛЬНОЕ МАШИНОСТРОЕНИЕ

Исследование ударных кратеров на поверхности вязкой среды.

ДМИТРИЕВА Мария Сергеевна
г. Пенза, МБОУ гимназия № 44, 11 класс

Научный руководитель:
Фёдоров Сергей Владимирович,
старший преподаватель кафедры
«Высокоточные летательные аппараты»
МГТУ им. Н.Э. Баумана

Уда́рный кра́тер - Круговая деталь на поверхности планетарного тела. Это определение кратера из энциклопедии.

Механизм образования «космических» кратеров очень сложен и относится к высокодинамичным и высокотемпературным процессам. В нашей работе мы исследуем физику образования механических кратеров, которые образуются на поверхности пластичной среды при падении на неё небольших предметов. Известно, что математическую модель временного процесса значительно упрощают симметрия и «малые величины» (небольшие деформации, малые силы и скорости). Поэтому на первом этапе исследования мы ставим перед собой задачу исследования образования «слабого» кратера при вертикальном падении на поверхность пластичной среды идеального шара с небольшой скоростью.

Список возможных исследований по теме «Ударные кратеры».

1) Исследование деформационных характеристик материала пласта.
2) Измерение скорости звука в веществе пласта.
3) Исследовать зависимость диаметра кратера (и его глубины) от высоты падения шара.
4) Исследование формы профиля кратера (наличие «барьера» на границе кратера).
5) Влияние толщины пласта на диаметр кратера и его форму.
6) Измерение (осциллографирование) импульса силы.
7) Влияние температуры пласта (вязкости) на форму и динамику образования кратера.
8) Влияние температуры шара…..
9) Измерение изменений профильной плотности пласта при образовании кратера.
10) Скоростная съемка формирования кратера.
11) Влияние на формирование кратера явления смачиваемости.
12) Исследование интернет ресурсов по данной теме.
13) Теория явления.

То, что нам удалось частично выполнить выделено жирным курсивом.

Теория ударного кратера.

1. **Зависимость диаметра кратера от высоты падения шара**.

При падении шара на пластичный грунт образуется кратер (рис. 1). Определим зависимость диаметра кратера от высоты падения и радиуса шара. Эту зависимость можно будет проверить экспериментально.

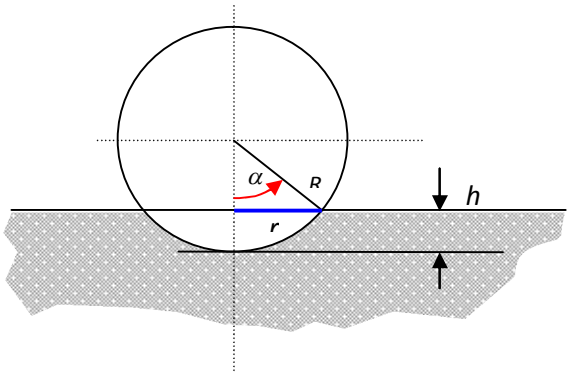


Рис. 1. Геометрия кратера

Из геометрии рисунка 1 определяем зависимость глубины кратера от его радиуса

$$h = R - \sqrt{R^2 - r^2} = R\left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{r}{R}\right)^2}\right) \quad (1)$$

Получим из этой зависимости обратную зависимость $r^2 = Rh\left(2 - \frac{h}{R}\right)$

При движении шарика в грунт возникает сила реакции, которая останавливает шарик. Определение зависимости этой силы от динамики движения является сложной задачей вязкой гидродинамики. Сделаем следующее предположение: *Предположим, что эта сила прямо пропорциональна площади контакта (площади сечения кратера).* Эта же идея лежит в основе решения известной задачи удара «мягкого» мяча. Предполагается, что при ударе оболочка мяча деформируется в соответствии с рисунком (рис. 2).

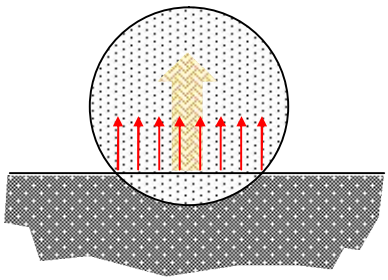


Рис. 2. Процесс деформации мяча

Площадь контакта соответствует площади сечения сегмента шара. При этом общая форма шара (мяча) сохраняется. При малых деформациях объем мяча изменяется незначительно. Поэтому можно считать, что давление внутри мяча остается постоянным и силу реакции опоры (стенки) можно записать в виде

$$F = p \cdot s \,. \quad (2)$$

Для нашей задачи кратера записываем аналогично

$$F = k \cdot s = k \cdot \pi r^2 \quad (3)$$

С учетом полученной формулы (2), зависимость силы сопротивления грунта от глубины деформации определится формулой

$$F = k \cdot \pi R h \left(2 - \frac{h}{R} \right) (4)$$

При движении шарика в грунте сила реакции совершает работу и останавливает шар.

Элемент (дифференциал) работы сил, действующих на шар (с учетом знака проекций сил):

$$dA = (-F + m g)\, dh \,. (5)$$

Полная работа сил, действующих на шар, определяется интегралом

$$A = \int_0^h \left(-k \pi R h \left(2 - \frac{h}{R} \right) + m g \right) \cdot dh = -k \pi R \left(h^2 - \frac{h^3}{3R} \right) + mg h \,. (6)$$

Эту работу сил следует приравнять изменению энергии системы:

$$A = -\Delta E = -m g H \; - k \pi R \left(h^2 - \frac{h^3}{3R} \right) + mg h = -m g H \;\; (7)$$

После упрощения получаем:

$$H = \frac{k \pi R}{mg} \left(h^2 - \frac{h^3}{3R} \right) - h \;\; (8)$$

Для небольших кратеров справедливо соотношение $\frac{h}{R} << 1$. С учетом этого формулы (2) и (8) упрощаются и принимают вид:

$$r^2 \approx 2 R h \quad \rightarrow \quad h = \frac{r^2}{2R} \;\; (9)$$

$$H \approx \frac{k \pi R}{m g} \cdot h^2 \;\; (10)$$

Объединяем эти формулы и находим приближенную зависимость диаметра кратера от высоты падения шарика

$$H = \frac{k \pi}{4 m g R} \cdot r^4 = \frac{k \pi}{4 g \rho \frac{4}{3} \pi R^3 \cdot R} \cdot r^4 = \frac{3k}{16 \rho g R^4} \cdot r^4 \;\; (11)$$

$$\boxed{2r = d = 4R \cdot \sqrt[4]{\frac{\rho g}{3k}} \cdot H^{\frac{1}{4}}} \; (12)$$

2. Динамика движения шара при образовании кратера. Импульс силы.

Определим временную зависимость силы, которую тоже можно экспериментально определить (проверить).

Записываем в общем виде второй закон Ньютона

$$m\ddot{h} = -F + mg \quad (13)$$

Здесь через $\ddot{h} = \frac{d^2h}{dt^2} = a$ мы обозначили вторую производную по времени (ускорение шарика). Подставим в формулу (13) приближенное значение силы $F \approx 2\pi R k\ h$.

$m\ddot{h} = -2\pi R k h + m g$.

Преобразуем это выражение к виду

$$\ddot{h} = -\frac{2\pi R k}{m}\left(h - \frac{m g}{2\pi R k}\right). \quad (14)$$

Если величину $h - \frac{m g}{2\pi R k}$ обозначить через новую переменную *z*, то уравнение приводится к виду уравнения гармонических колебаний

$$\ddot{z} = -\omega^2 \cdot z\ , \quad (15)$$

где $\omega = \sqrt{\frac{2\pi R k}{m}}$.

Мы получили точное решение уравнения (14) с учетом силы тяжести. Но можно показать, что постоянное слагаемое в этой формуле значительно меньше амплитуды силы, т. е. $m g << F_0 = m h_0 \omega^2$ («ударная» сила значительно превосходит силу тяжести шарика). Можно было с самого начала в уравнении (13) пренебречь силой тяжести и тем самым значительно упростить решение. Действительно, после упрощения уравнения (13)

$$m\ddot{h} = -2\pi R k h \ \rightarrow \ \ddot{h} = -\frac{2\pi R k}{m} \cdot h \text{ (уравнение гармонических колебаний).} \quad (16)$$

Решение можно записать проще (нет сдвига фаз и сдвига координаты)

$$h(t) = h_0 \cdot Sin(\omega t). \quad (17)$$

Амплитуду h_0 определим из начального условия для скорости

$$\dot{h}(0) = \sqrt{2 g H} = h_0 \cdot \omega \cdot Cos(\omega t) = h_0 \cdot \omega \quad \rightarrow \quad h_0 = \frac{\sqrt{2 g H}}{\omega}. \quad (18)$$

Таким образом, решение для координаты без учета силы тяжести выглядит так

$$h(t) = \frac{\sqrt{2 g H}}{\omega} \cdot Sin(\omega t). \quad (19)$$

Отсюда получаем приближенное временное уравнение для силы

$$F(t) = m\ddot{h} = -m\frac{\sqrt{2 g H}}{\omega}\ \omega^2\ Sin(\omega t) = -F_0 \cdot Sin(\omega t) \quad (20)$$

Приближенное значение амплитуды силы равно $F_0 = 2\sqrt{\pi\, g\, R\, H\, k\, m}$.

Временной график силы должен выглядеть примерно так, как показано на рисунке 3. Импульс силы составляет четверть «колебания».

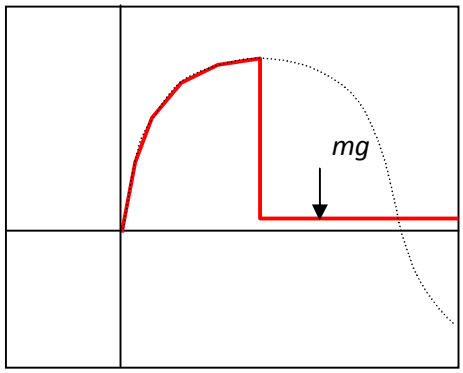


Рис. 3. Временной график силы

Следует отметить, что проверить форму импульса силы экспериментально очень сложно из-за искажений сигнала измерительной системой.

Экспериментальная часть исследования.

1. **Исследование зависимости диаметра кратера от высоты падения шара.**

Экспериментальная установка по измерению диаметра кратера и импульса силы (рис 4).

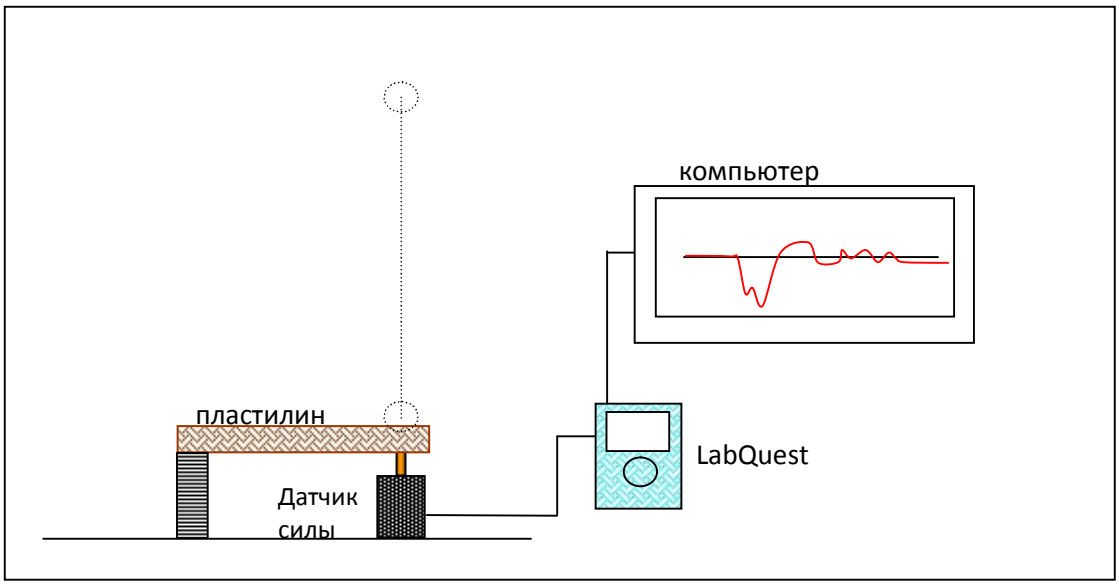


Рис. 4. Экспериментальная установка по измерению диаметра кратера и импульса силы

Моделью материала вязкой среды был выбран пластилин. Толщина пласта пластилина около 3^x сантиметров. Металлический шарик (диаметр 2 см) с некоторой высоты падал на ровную поверхность массива пластилина и образовывал кратер. В данном эксперименте измерялись величины: диаметр шара, высота падения, диаметр кратера, температура. В эксперименте датчик силы укрепляется на полу. На

стержень датчика кладется массив пластилина. Выход датчика соединен с блоком сбора информации. Далее этот блок подключен к компьютеру, который находится в режиме программы Logger Pro.

Графическая обработка экспериментальных данных.

В соответствии с результатами нашей теории зависимость диаметра кратера от высоты падения шарика определяется формулой (12)

$$\boxed{2r = d = 4R \cdot \sqrt[4]{\frac{\rho g}{3k}} \cdot H^{\frac{1}{4}}} \quad (21)$$

Эту зависимость можно записать упрощенно

$$d = C \cdot H^{\frac{1}{n}} \quad (22)$$

Вычислим логарифм этого соотношения

$$\ln(d) = \ln(C) + \frac{1}{n} \cdot \ln(H). \quad (23)$$

Мы видим, что логарифм диаметра кратера линейно зависит от логарифма высоты падения. Построим график в логарифмических координатах (рис. 5). График должен быть линейным, если справедлива теория.

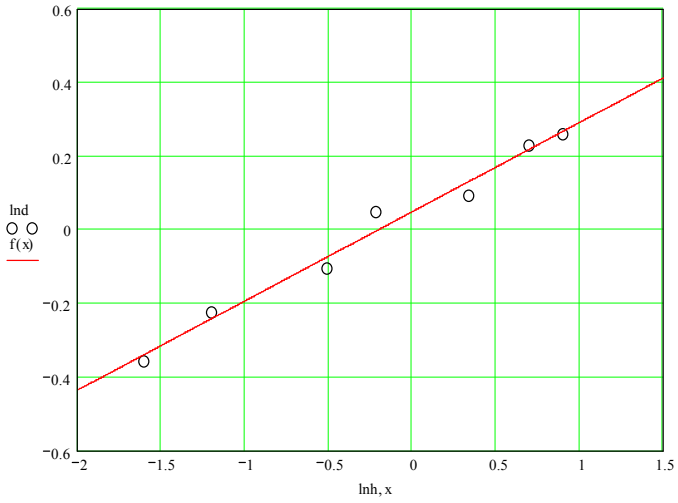


Рис. 5. График зависимости логарифма диаметра кратера от логарифма высоты падения шара

Мы видим, что в логарифмических координатах график «выпрямился» в соответствии с нашей теорией. Среда MathCAD позволяет вычислить параметры этой линейной зависимости. Приводим строку листинга вычисления параметров:

a := intercept (lnh , lnd)	a = 0.049	b := slope (lnh , lnd)	b = 0.242	f(x) := a + b·x

$$a = \ln(C) = 0.049$$

$$b = \frac{1}{n} = 0.242 \quad \rightarrow \quad n = 4.13$$

В соответствии с этими параметрами на графике (рис. 5) проведена прямая линия, аппроксимирующая экспериментальные данные. Экспериментальные точки достаточно хорошо ложатся на прямую линию. Более того, мы видим, что экспериментальное значение $n = 4.13$ очень близко к нашему теоретическому значению 4. Это еще один факт в пользу справедливости предложенной теоретической модели. Вычислив погрешность по известной формуле, мы выяснили, что она в определении величины *n* (с доверительной вероятностью 0,95) получается достаточно большой. В итоге для параметра *n* можно записать результат $n = (4{,}1 \pm 0{,}5)$. Теперь можно построить график в «обычных» координатах и аппроксимировать данные теоретической зависимостью. Зависимость диаметра кратера от высоты падения шарика. Кружки – экспериментальные точки. Сплошная линия – теоретическая кривая, параметры которой получены по линейной аппроксимации (рис. 6).

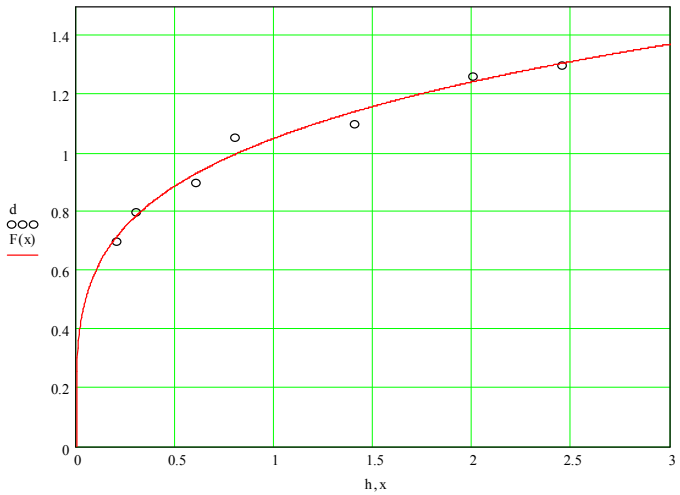


Рис. 6. График зависимости диаметра кратера от высоты падения шара

2. Экспериментальное исследование импульса силы.

Вторая серия экспериментов была посвящена исследованию импульса силы. Цель этих исследований следующая. В соответствии с формулой (20) временная функция силы определена формулой

$$F(t) = -F_0 \cdot Sin(\omega t). \quad (24)$$

Фронт импульса силы гармонически зависит от времени и «обрывается» после четверти периода. При этом период процесса

$$\omega = \sqrt{\frac{2\pi Rk}{m}} \quad \rightarrow \quad T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi\sqrt{\frac{m}{2\pi Rk}} = \sqrt{\frac{2\pi m}{Rk}} \quad (25)$$

не зависит от высоты падения. Экспериментально импульс силы можно измерить при помощи электронного датчика силы и компьютерного осциллографа. Но измеренный импульс будет искажен

системой измерения. Однако можно ожидать, что общее время пусть даже искаженного импульса не должно зависеть от высоты падения шарика.

Датчик силы укрепляется на полу. На стержень датчика кладется массив пластилина. Выход датчика соединен с блоком сбора информации. Далее этот блок подключен к компьютеру, который находится в режиме программы Logger Pro.

Приводим предварительные результаты эксперимента.

Общий вид «растянутого» графика (для измерения параметров импульса силы на экране компьютера в сервисной программе Logger Pro (рис. 7).

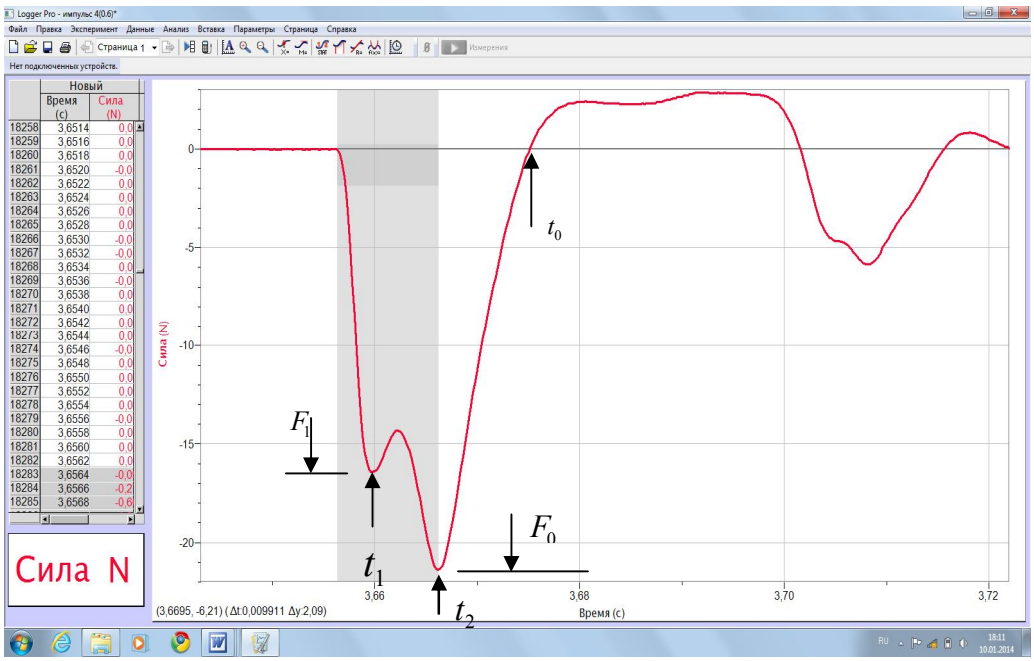


Рис. 7. «Растянутый» график импульса силы

На слайде показаны величины, которые измерялись: t_1 – время первого пика, t_2 – время импульса силы (в соответствии с теорией), t_0 – время полного импульса, F_1 – величина силы первого пика, F_0 – амплитуда силы (в соответствии с теорией).

В соответствии с нашей теорией кратера предполагаемое время импульса не должно зависеть от высоты падения шарика. Мы считаем, что за величину времени импульса силы (четверть периода «колебаний») можно выбрать параметр t_2.

Этот график (рис.7) показывает соотношение между предполагаемой формой импульса и экспериментально измеренной. Предполагаемая форма – это «опрокинутая» синусоида. Мы видим, что экспериментально измеренный сигнал имеет интересную особенность – «первичный» пик. «Физику» этого пика следует исследовать отдельно. Можно предположить, что этот пик обусловлен «звуковой» волной. Второй вариант объяснения может быть связан с особенностью динамической вязкости пласта.

Следующий график показывает зависимость временных параметров импульса силы от высоты падения шарика. В большей степени нас интересует параметр t_2, который мы приняли за время импульса. График показывает практическую независимость этой величины от высоты падения шарика. Это

согласуется с нашей теорией. График (рис. 8) показывает практическую независимость этих параметров от высоты падения шарика.

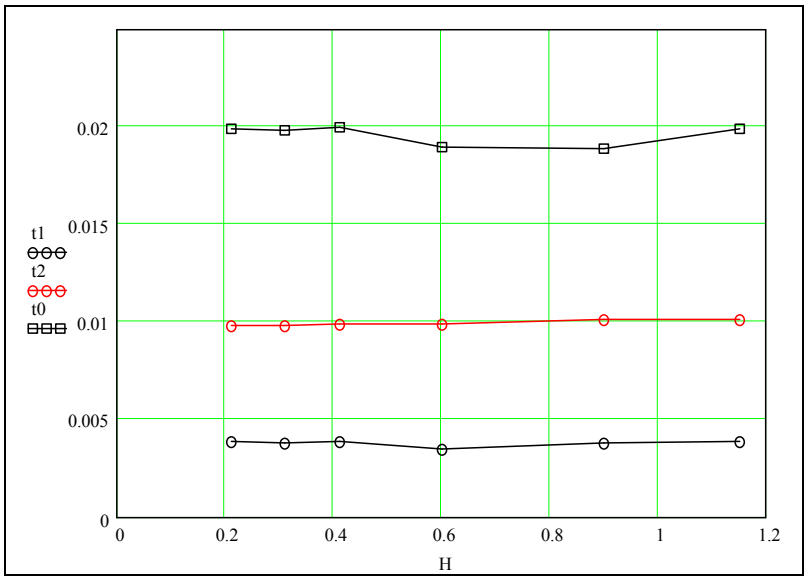


Рис. 8. График зависимости временных параметров импульса силы от высоты падения шарика

Далее. В соответствии с нашей теорией величина амплитуды силы (это величина F_0) должна зависеть от высоты падения шарика в соответствии с формулой

$$F_0 = 2\sqrt{\pi\, g\, R\, H\, k\, m} = a \cdot \sqrt{H} \ . \quad (26)$$

Проверка этой зависимости представлена на следующем графике (рис. 9).

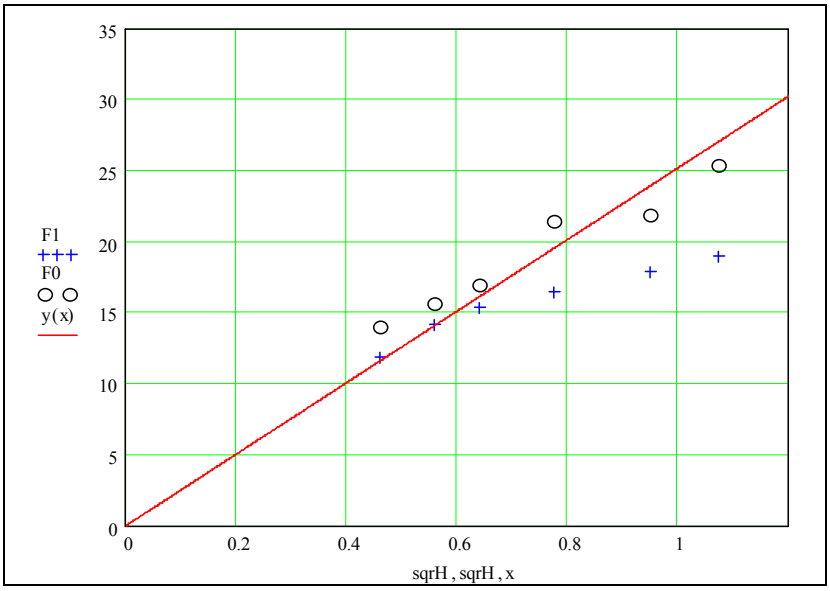


Рис. 9. График зависимости амплитуды силы от высоты падения шарика

График представлен в предполагаемых линейных координатах. Прямая линия аппроксимирует экспериментальные точки (кружки). Можно признать достаточно хорошим согласие эксперимента и теории. Крестиками отмечены значения «побочного» пика (рис. 9).

Выводы.

1. Предложена теория ударного кратера для шара и пластичной среды. Теория получена в приближении малого кратера. Основными результатами теоретической модели следует считать:
   - Зависимость диаметра кратера от высоты падения шара $\boxed{2r = d = 4R \cdot \sqrt[4]{\frac{\rho g}{3k}} \cdot H^{\frac{1}{4}}}$.
   - Кинематическая формула движения шара в вязкой среде, которая показывает, что движение шара соответствует «гармоническому движению» $\boxed{h(t) = h_0 \cdot Sin(\omega t)}$. При этом период движения не зависит от высоты падения шара $\boxed{T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{2\pi R k}}}$. Здесь k – параметр пластичной среды.
   - Формула импульса силы $\boxed{F(t) = -F_0 \cdot Sin(\omega t)}$. $\boxed{F_0 = 2\sqrt{\pi g R H k m} = a \cdot \sqrt{H}}$.
2. Проведено экспериментальное исследование процесса образования кратера на поверхности пластичной среды при малых скоростях шарика. Результатами экспериментальной части работы следует считать:
   - Исследование зависимости диаметра кратера от высоты падения шарика. Экспериментальная зависимость хорошо совпадает с теоретической зависимостью.
   - Экспериментальное исследование импульса силы возникающего в грунте при образовании кратера. Получены осциллограммы искаженного импульса. Общие параметры импульса хорошо согласуются с теоретической моделью. Длительность импульса не зависит от высоты падения шара (глубины кратера). Квадрат амплитуды силового импульса пропорционален высоте падения шара (энергии шара перед столкновением).

ЛИТЕРАТУРА

1. Б.А. Иванов «Механизмы образования ударных кратеров на Земле и планетах», М.,2000 http://www.cosmos-journal.ru/articles/543/ (Кратер в Аризоне, фотография)
2. «Большая астрономическая энциклопедия», М., ЭКСМО, 2007
3. Г.М. Фихтенгольц «Курс дифференциального и интегрального исчисления», М., НАУКА, 1970.
4. Физика с Vernier, ПКГ «Развитие образовательных систем», М., 2012

Проектирование автоматического оружия с длинным ходом ствола.

ЗЕНЬКО Захар Александрович
г. Москва, ГБОУ лицей № 1580, 11 класс

Научный руководитель:
Чёрный Владимир Григорьевич, к.т.н., доцент кафедры «Ракетные и импульсные системы» МГТУ им. Н. Э. Баумана

Общеизвестно, что сложные, быстротекущие физические явления и процессы, происходящие в системе патрон-оружие-стрелок, с трудом поддаются адекватному математическому описанию. Так, например, изменение положения для стрельбы (стоя, с колена, лёжа) изменяет жёсткость системы стрелок-оружие, что в свою очередь изменяет среднюю точку попадания. Из этого следует, что средняя точка попадания во многом зависит от стрелка и от его способности запоминать и вводить поправки точки прицеливания в зависимости от положения стрельбы, что трудновыполнимо в реальных условиях эксплуатации изделия. Кроме того, подготовка стрелка, способного в стрессовых ситуациях вносить необходимые поправки, требует больших затрат времени, сил и средств.

В современных условиях резко возросла оснащённость личного состава средствами индивидуальной бронезащиты (СИБЗ), в том числе тяжёлого класса. Поражение подобных целей неизбежно требует увеличение мощности боеприпаса, что усугубляет вышеперечисленные проблемы.

При дульной энергии в районе 5000 Дж, необходимой для надёжного поражения целей в СБИС на значительных расстояниях, становится заметным смещение самого оружия в разных плоскостях в процессе производства выстрела и движения пули по каналу ствола. Данное смещение оружия сильно зависит от положения для стрельбы (стоя, с колена, лёжа).

Наиболее распространённая традиционная конструктивная схема представляет собой жёстко закрепленный ствол на ствольной коробке, надёжно запираемый поворачивающимся затвором. Функционирование автоматики обеспечивается газоотводным двигателем, отбирающим часть пороховых газов через поперечное отверстие в стенке ствола. При этом ствольная коробка жёстко закреплена на самом оружии. Эта схема обеспечивает стабильность положения прицельной линии относительно оси канала ствола, а также высокую надёжность функционирования автоматики в затруднённых условиях эксплуатации. Данное схематическое решение малочувствительно к разнообразию используемых боеприпасов, что является неоспоримым преимуществом. Эта конструктивная схема полностью оправдана для индивидуального штурмового оружия, применяемого на дистанциях до 400 метров. Подобное решение, применённое в снайперской винтовке Драгунова (СВД), являясь бесспорно оправданным, и позволяющее надёжно поражать слабозащищённые цели на дистанциях до 800 метров не обеспечивает достаточной точности стрельбы при переходе на патрон с энергетикой порядка 5000 Дж.

Ствольная коробка, закреплённая на оружии, упруго деформируясь в процессе выстрела, смещает направление оси канала ствола, кроме того, импульс от работы бокового газового двигателя вызывает упругую деформацию самого ствола. Амплитуда и частота вибраций, вызванных упругими деформациями, сильно зависит от положения для стрельбы, делая проблематичным поражение в цель с

первого выстрела. Кроме того, импульс отдачи подобных боеприпасов вызывает дискомфорт у стрелка и приводит к вынужденному применению оптических прицелов более высокого класса, способных выдерживать большие ударные нагрузки. Стоимость подобных прицельных комплексов крайне велика и неприемлема для массового использования.

Один из возможных методов решения данной проблемы реализован в конструктивной схеме автомата АН-94 («Абакан»).

Данная исследовательская работа посвящена анализу работы механизма перезаряжания автоматического оружия, основанного на принципе отдачи ствола при его длинном ходе. Особенностью и преимуществом оружия, спроектированного на принципе длинного хода ствола, является малое силовое воздействие на стрелка или установку в процессе выстрела, а также лёгкая экстракция гильз, которая наступает в то время, когда в патроннике остаётся минимальное давление пороховых газов, что повышает надёжность функционирования автоматики в затруднённых условиях эксплуатации. Кроме того, снижается загазованность при стрельбе из замкнутого пространства, что тоже очень важно.

Предполагаемая конструкция работает по следующему принципу: после выстрела, сцепленный с затвором ствол откатывается назад, сжимая возвратные пружины ствола и затвора. После того как подвижная система проходит заднюю стенку магазина, ствол останавливается, ударяясь об ограничитель, закрепленный в ствольной коробке. Одновременно с этим поднимается затворная задержка. Затворная рама по инерции, продолжая сжимать свою возвратную пружину, откатывается назад, обеспечивая поворот и расцепление затвора относительно ствола. Затвор останавливается на затворной задержке. Как только затвор дошёл до крайнего заднего положения и встал на затворную задержку, ствол под действием своей возвратной пружины начинает возвращаться в переднее положение. Во время движения в переднее положение ствол через тягу перемещает отражатель вперёд, обеспечивая выброс стреляных гильз за пределы корпуса оружия. После этого тяга, продолжая движение, опускает затворную задержку. В этот момент ствол приходит в переднее положение, а затвор с затворной рамой под действием своей возвратной пружины начинает движение вперёд. Одним из своих боевых упоров затвор выталкивает патрон из губок магазина, выводит его на линию подачи и досылает в патронник, запирая канал ствола.

Для автоматизации крайне трудоёмкого процесса расчёта автоматики мною составлена программа на языке программирования Pascal. Методом расчёта является пошаговое определение параметров отката и наката на основе принятых исходных данных. На практике данную программу можно использовать для оценочного массо-габаритного расчёта механизмов автоматики образцов оружия с длинным ходом ствола.

Основываясь на информации, полученной из технической литературы и школьного курса физики, мною был составлен следующий алгоритм расчёта автоматики механизма перезаряжания автоматического оружия, основанного на принципе отдачи ствола при его длинном ходе, который приведён ниже.

Из конструктивных соображений длина отката назначена равной x=120 мм. Методом расчёта является пошаговое определение параметров отката и наката на основе принятых исходных данных (масса ствола и затвора, жёсткость, начальные поджатия возвратных пружин ствола и затвора, параметры

боеприпаса) и принимая для простоты 4 шага итерации с увеличением координаты X на 30 мм на каждом шаге. Таким образом, изменяя начальные параметры, становится возможным автоматизировать процесс подбора необходимых параметров работы автоматики, а именно: скорострельность, начальные и конечные скорости отката и наката подвижных частей.

Результаты работы программы при следующих исходных данных (табл. 1) представлены в таблицах 2, 3, 4.

Таблица 1. Исходные данные для расчета

Масса ствола, кг	Масса затвора, кг	Жёстк. Пруж. ствола, Н/м	Жёстк. Пруж. Затвора, Н/м	Поджат. Пруж. Затвора, м	Поджат. Пруж. Ствола, м	Масса пули, кг	Масса пороха , кг	Масса гильзы, кг
2	0,7	700	250	0,1	0,22	$96*10^{-4}$	$32*10^{-4}$	$91*10^{-4}$

Таблица 2. Результаты расчета скорости и времени отката ствола и затвора

Начальная скорость, м/с	Время отката, с	Конечная скорость, м/с
4.50370	0.00707	4.17649
4.17649	0.00757	3.74637
3.74637	0.00868	3.16135
3.16135	0.01097	2.30644

Таблица 3. Результаты расчёта времени и скорости наката ствола

Начальная скорость, м/с	Время наката ствола, с	Конечная скорость, м/с
0,92257	0.03877	2.47005
2.47005	0.06052	3.46138
3.46138	0.07153	4.30013
4.30013	0.07867	5.06272

Таблица 4. Результаты расчёта скорости и времени наката затвора

Начальная скорость, м/с	Время наката затвора, с	Конечная скорость, м/с
0,92257	0.02869	2.49164
2.491645	0.05029	3.49403
3.49403	0.06584	4.34179
4.341791	0.07944	5.11242

Для большей наглядности по результатам таблиц построены графики зависимости скорости подвижных деталей автоматики от времени и координаты деталей от времени, а также циклограмма работы автоматики.

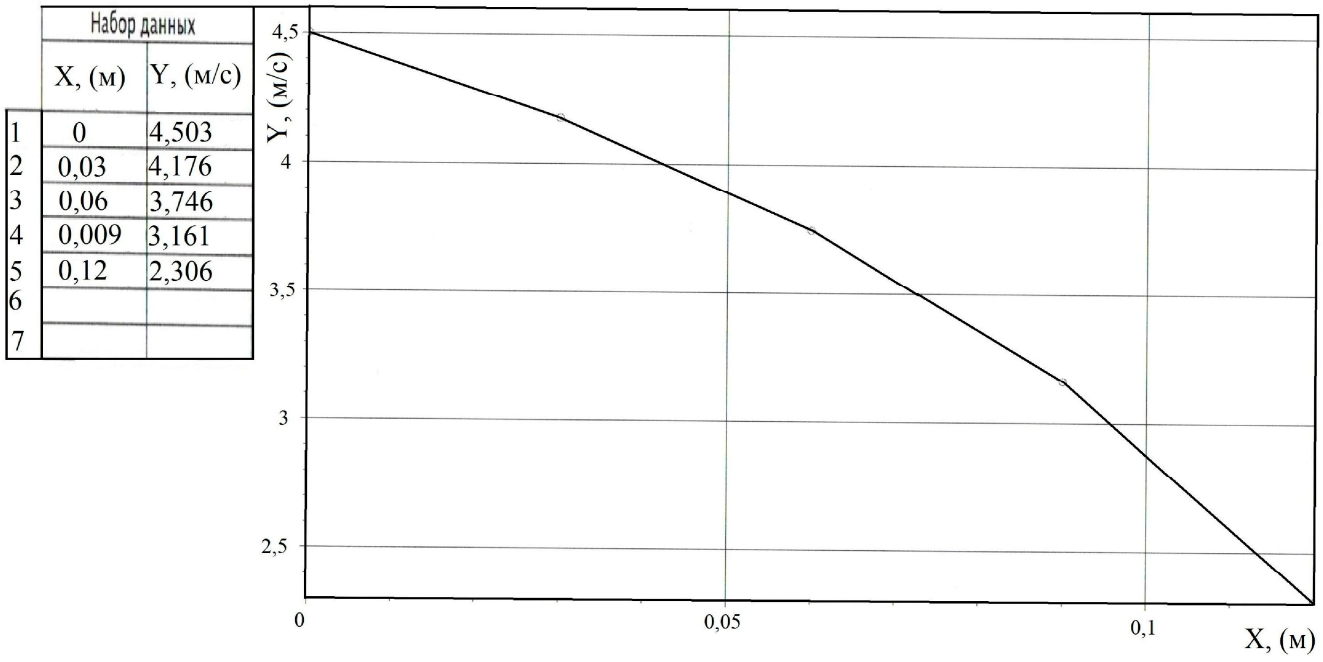


рис. 1
График зависимости скорости от координаты при откате подвижных частей.

Набор данных		
	X, (м)	Y, (м/с)
1	0	2,306
2	0,03	2,47
3	0,06	3,461
4	0,09	4,3
5	0,12	5,062
6		
7		

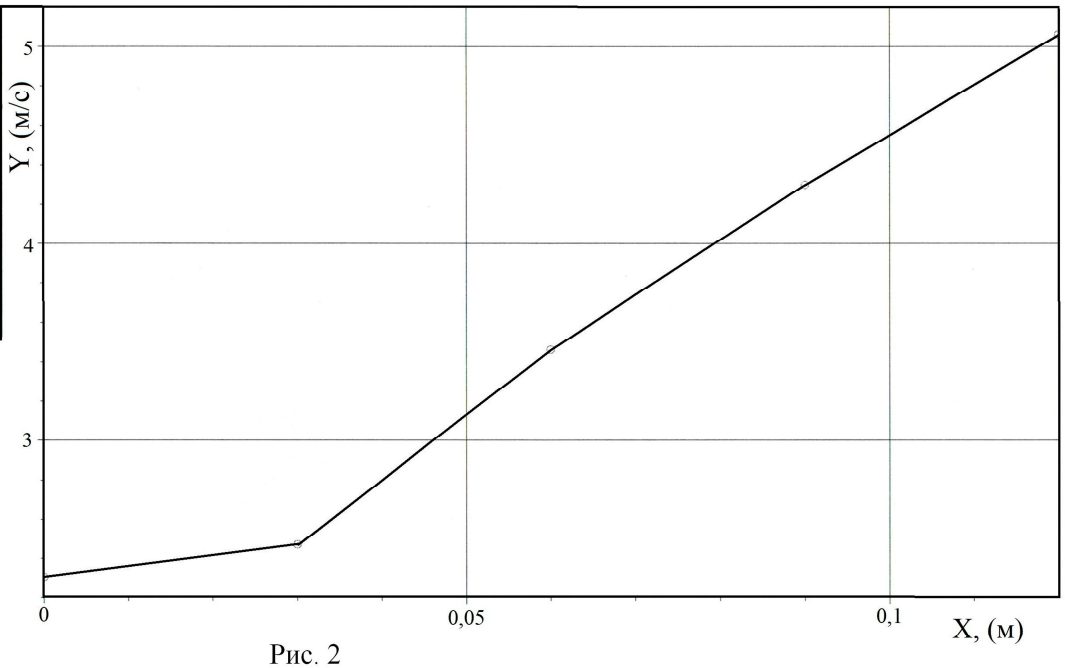


Рис. 2
График зависимости скорости от координаты при накате ствола.

Набор данных		
	X, (м)	Y, (м/с)
1	0	2,306
2	0,03	2,491
3	0,06	3,494
4	0,09	4,341
5	0,12	5,112
6		
7		

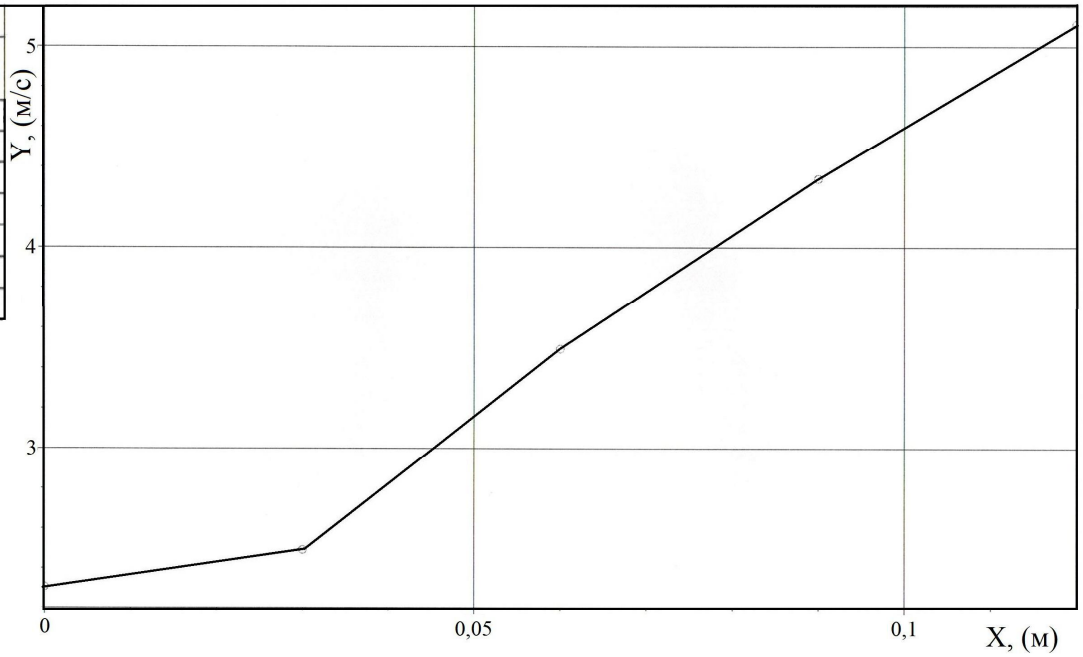


Рис. 3
График зависимости скорости от координаты при накате затвора.

	Набор данных	
	X, (сек)	Y, (м)
1	0	0
2	0,07076	0,03
3	0,01464	0,06
4	0,0233	0,09
5	0,0343	0,12
6	0,073	0,09
7	0,1336	0,06
8	0,2051	0,03
9	0,2838	0
10	0,2838	0,12
11	0,3125	0,09
12	0,3628	0,06
13	0,4286	0,03
14	0,5081	0
15		

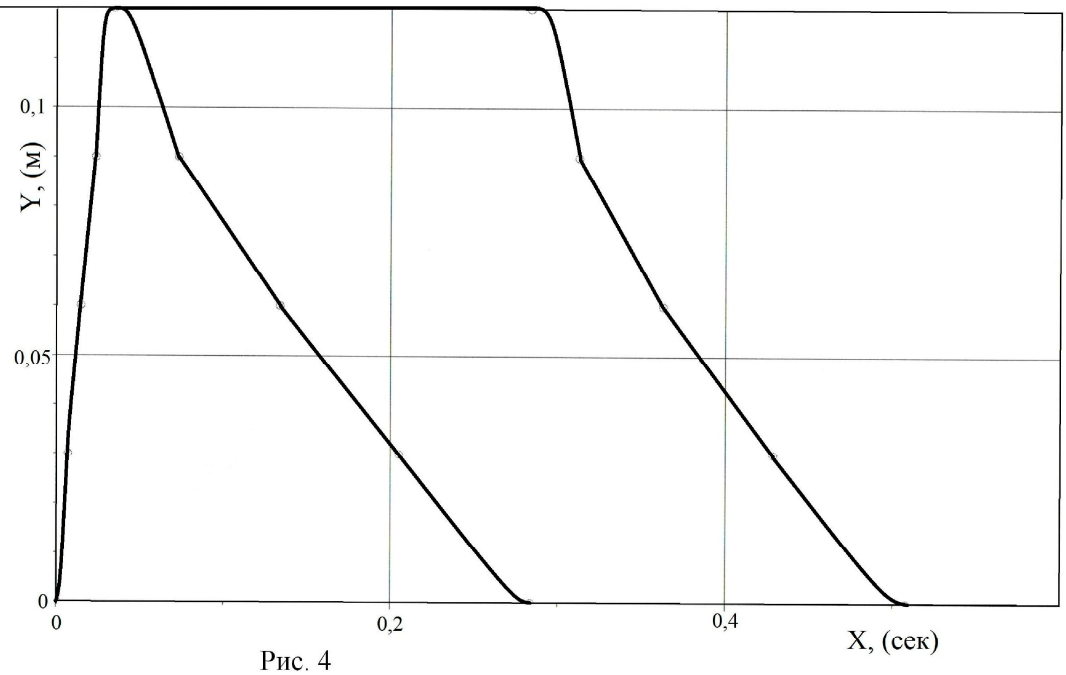


Рис. 4
Циклограмма работы автоматики.

Вышеприведённые данные полностью подтверждают выводы В. Г Фёдорова о невыгодности создания автоматического оружия типа «пулемёт» на принципе использования отдачи ствола при его длинном ходе, ввиду низкой скорострельности и относительной громоздкости конструкции. Однако полученные данные наглядно показывают принципиальную возможность создания самозарядной системы под высокомощный патрон, обладающей повышенной точностью стрельбы и сравнительно малым импульсом отдачи при приемлемых массо-габаритных характеристиках.

ЛИТЕРАТУРА

1. Теория и расчёт автоматического оружия / Голомбовский А.К., Девятьяров Д. К., Токарев А. Д. и др. под ред. Кириллова В.М. – Пенза : Издательство ПВАИУ – 1973 г. – 494 с.
2. В. Фёдоров. Эволюция стрелкового оружия. Часть 2 – Москва : Воениздат – 1939 г. – 314 с.
3. Благонравов А. А. Материальная часть стрелкового оружия. Книга 2 – Москва : Оборонгиз НКАП – 1946 г. 854 с.
4. Иванов А. Е., Иванов С. А. Механика. Молекулярная физика и термодинамика – Москва: Кнорус – 2012 г. – 949 с.

Гусеничный движитель для мотоцикла

ПАТРИКЕЕВ Михаил Александрович
г. Москва, ГОУ лицей №1580, 11 класс

Научный руководитель:
Машков Константин Юрьевич,
к.т.н., доцент кафедры
«Многоцелевые гусеничные машины
и мобильные роботы»
МГТУ им. Н. Э. Баумана

Меня заинтересовала проблема использования мотоцикла зимой. В связи с этим я поставил перед собой цель: разработать и соорудить собственную конструкцию гусеничного модуля для мотоцикла. Для начала была изучена история появления гусеничной техники. Выяснено, что первым в мире транспортным средством на гусеничном ходу был вагон Фёдора Абрамовича Блинова. Вагон опирался на две гусеничные тележки и приводился в движение упряжкой лошадей. Позже механик императорского гаража Адольф Кегресс создал приспособление для передвижения автомобиля по снегу. Затем были исследованы существующие серийно выпускаемые модули: Explorer Smart All Terrain System, SnowXcycle и Kimpex ATTRAX. Каждый из готовых модулей имел свои преимущества, но ни один из них не удовлетворял моим требованиям. Мне было необходимо устройство, которое бы обеспечивало устойчивость мотоцикла, поэтому мной был разработан собственный модуль.

Конструкция модуля предполагает установку данного модуля на мотоцикл без снятия заднего колеса. Устройство состоит из двух симметричных элементов рамы (поз. 5,8), соединённых поперечной распоркой (поз. 1). Модуль крепится на задний маятник мотоцикла петлями (поз. 9). Гусеничное полотно опирается на катки (поз. 7) и приводится в движение ведущими катками (поз. 6). Передача вращения с колеса на ведущие катки осуществляется ременной передачей, ведущим шкивом которой является заднее колесо мотоцикла, а ведомые шкивы (поз. 2) жёстко закреплены на одном валу с ведущими катками (рис. 1).

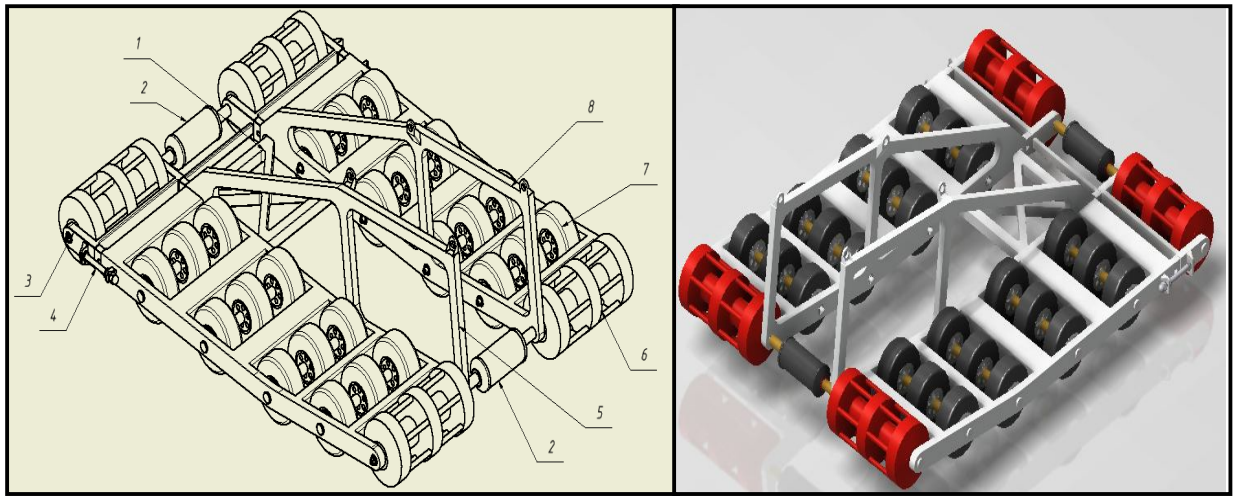


Рис. 1. Первая версия разрабатываемого гусеничного модуля

При установке сначала прикрепляются к мотоциклу два симметричных элемента, затем вставляется натяжительный элемент рамы и приводные валы. После этого устанавливаются шкивы и ремень, концы которого далее стыкуются специальным соединением. Приводной ремень изготавливается из прорезиненного пожарного рукава, разрезанного вдоль, а гусеницы – из конвейерной ленты, на которую прикрепляются грунтозацепы и зубья зацепления. Затем были проведены некоторые расчёты. Экспериментально были получены коэффициенты трения для сухой и влажной покрышки по приводному ремню, равные соответственно 0,87 для сухой шины и 0,79 для забитой мокрым снегом. Используя предполагаемые размеры приводного ремня, а также модуль упругости предложенного материала была рассчитана максимальная сила натяжения ремня, равная 5,1 кН. На основе полученных величин, были рассчитаны максимально возможные моменты сил, которые можно передать ведущим каткам. Максимальные возможные моменты равны 375 Н*м для влажной покрышки и 410 Н*м для сухой.

Используя программу «Autodesk Inventor» была создана виртуальная трёхмерная модель модуля и подсчитана его масса. Исходя из массы модуля, массы мотоцикла и массы водителя, была подсчитана сила сопротивления движению, а также сила, необходимая для проскальзывания гусеницы. Таким образом, был получен интервал требуемых для движения сил. На основе этих данных был рассчитан интервал моментов сил. По результатам расчётов было выяснено, что требуемый момент сил должен лежать в промежутке от 24,8 Н*м до 198,5 Н*м. Опираясь на эти данные, можно сказать, что, так как максимальный требуемый момент меньше, чем максимально возможный для передачи, использование данной передачи возможно.

Затем была рассчитана скорость мотоцикла с данным модулем, а также его сила тяги. Результаты расчётов заставили более тщательно рассмотреть недостатки предложенной конструкции. В результате было принято решение отказаться от первоначальной версии модуля. Это решение было связано с тем, что высока вероятность сползания и/или разрыва ремня, а также, ременная передача уменьшает манёвренность мотоцикла и увеличивает нагрузки на двигатель и трансмиссию, что негативно сказывается на их ресурсе. К тому же, модуль имеет избыточное количество опорных катков, что делает его очень тяжёлым.

Модуль (рис. 2) крепится на удлинённый вал заднего колеса (поз. 12). Вместо колеса устанавливается втулка (поз.1), на которой закреплена ведомая шестерня главной передачи мотоцикла (поз. 13), ведущая шестерня (поз. 14) , тормозной диск (в модели не представлен). Фиксация угла наклона модуля осуществляется двумя подпорками – хомутами (поз. 3), которые крепятся на балки маятника задней подвески (поз. 2). Элементы рамы модуля (поз. 4) сварены из алюминиевых труб квадратного сечения. Элементы рамы состыкованы между собой поперечными элементами (поз. 7) при помощи болтов. Поперечные элементы выполняются из алюминиевых труб прямоугольного сечения, согнутых в четырёх местах для обеспечения большей надёжности болтовых соединений.

Гусеничное полотно выполнено из резинотканевой конвейерной ленты (поз. 11), на которое при помощи заклёпок закрепляются грунтозацепы (поз. 9) и зубья зацепления (поз. 10). Грунтозацепы представляют собой П-образный алюминиевый профиль. Зубья зацепления выполняются из

алюминиевой трубы квадратного сечения. Гусеничное полотно опирается на катки (поз. 8) и приводится в движение при помощи ведущих катков (поз. 6). Зубья гусеницы(поз. 10) входят в зацепление с поперечными элементами приводного катка (поз. 6). Приводной каток изготавливается из алюминия и крепится на приводной вал шпоночным соединением. Таким же образом на приводной вал крепится ведомая шестерня цепной передачи модуля (поз. 5). Цепная передача имеет передаточное отношение 1:2, что снижает скорость мотоцикла с модулем в два раза, относительно мотоцикла без модуля, но позволяет увеличить силу тяги данного модуля по снегу.

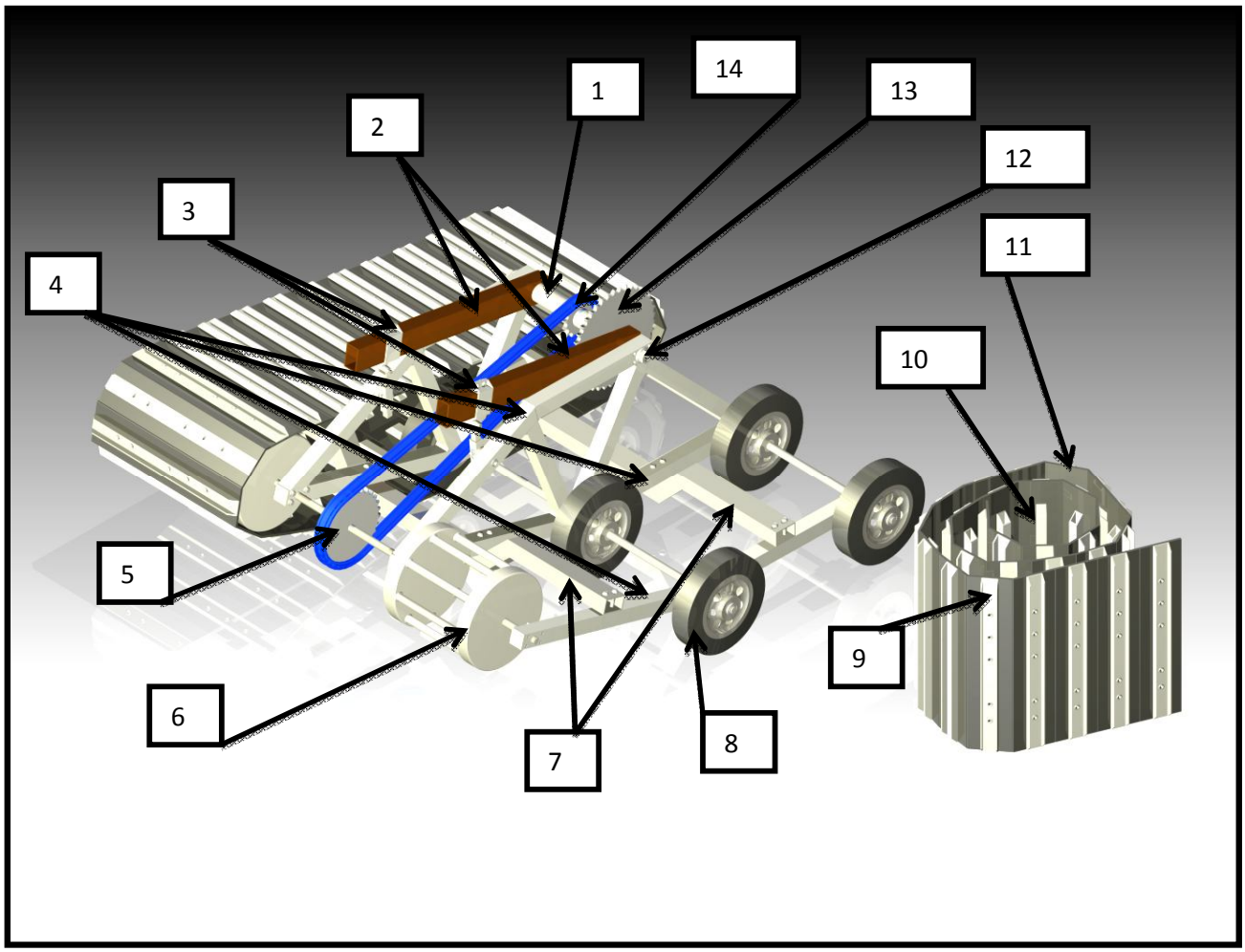


Рис. 2. Вторая версия модуля

Для второй версии модуля были подсчитаны базовые технические характеристики. Так, для использования данного модуля мощность двигателя мотоцикла должна быть не менее 1,9 л.с., а его удельное давление на грунт равно 18 кПа. Для сравнения удельное давление на грунт вездехода ТТМ 1901 «Беркут» равно 60 кПа. После создания трёхмерной модели модуля в программе «Autodesk Inventor» была собрана модель модуля из алюминия в масштабе 1:2. (рис. 3).

Модель собрана из алюминиевых труб сечением 12х12 и 10х20 при помощи винтов М3х30 и М3х20. В качестве опорных катков использованы колёса диаметром 76 мм от роликовых коньков. Катки закреплены на резьбовой шпильке как на оси при помощи гаек М6. Ведущие катки состоят из фанерных

дисков, в которых закреплены поперечные элементы зацепления. Гусеницы выполнены из прорезиненной хлопчатобумажной ткани, на которую при помощи алюминиевых заклёпок приклёпаны грунтозацепы и зубья зацепления в количестве 17 грунтозацепов и 17 зубьев на одну гусеницу.

В связи с отсутствием возможности изготовления деталей модели на специализированном оборудовании, в модели применены некоторые упрощения, а именно:

- отсутствие подшипников в точках крепления приводного вала к раме модуля;
- вал изготовлен из резьбовой шпильки;
- использованы болтовые соединения вместо сварных швов;
- упрощённая конструкция поперечных балок;
- установка на приводной вал самодельного ведомого шкива вместо ведомой шестерни;
- отсутствие ведущей шестерни;
- изготовление ведущих катков из фанеры, а не из алюминия/стали;
- закрепление ведущих катков на валу при помощи гаек, а не шпонок.

В связи с изменением конструкции рамы, модуль не обладает большим запасом прочности. Но даже с уменьшенной прочностью модель модуля может без повреждений выдерживать приложенную к ней вдоль вертикальной оси силу, величиной в 1000 Н.

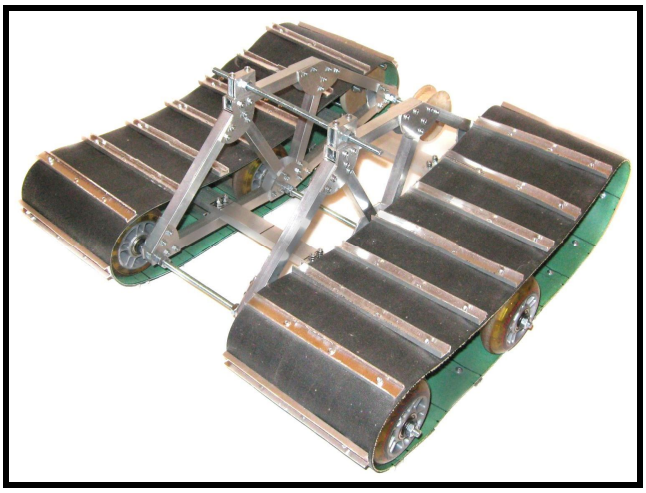


Рис. 3. Масштабная модель второй версии модуля

Выводы. В результате работы была изучена история появления гусеничной техники, исследованы существующие модули, освоен программный пакет Autodesk Inventor, выполнены трёхмерные модели двух версий модуля, подсчитаны некоторые технические характеристики, а также собрана масштабная модель модуля.

ЛИТЕРАТУРА

1. Самсонов Л.Н., Синицын В.Ф. Торфяные машины и оборудование: Учебное пособие. Ч. I: Общие сведения о торфяных машинах. Взаимодействие ходовых устройств с торфяной залежью. 1-е изд. Тверь: ТГТУ, 2006. 140 с.
2. Парфёнов А.П., Щетинин Ю.С. Тяговый расчёт гусеничной транспортно-тяговой машины. Методические указания для выполнения курсовой работы по дисциплине «Теория колёсных и гусеничных транспортно-тяговых машин» для студентов специальности 150100 «Автомобиле- и тракторостроение». – М.: МГТУ «МАМИ», 2002. – 75с.

СЕКЦИЯ VIII. ЭНЕРГЕТИКА И ЭКОЛОГИЯ

Физическая модель распыления топлива ультразвуковой форсункой

КОРОВЯНСКАЯ Анастасия Денисовна,
г. Юбилейный, МОУ «Гимназия № 5», 11 класс

Научный руководитель:
Лебедев Владимир Валентинович,
д. т.н., проф. кафедры «Промышленное и гражданское строительство»
ФГБОУ ВПО «Московский государственный строительный университет»

Для распыления топлива в тепловых котлах была доработана и предложена ультразвуковая форсунка [1]. Суть ультразвукового способа распыления заключается в кавитационном разрыве капли жидкости на мельчайшие брызги после попадания на вибрирующую с большой частотой поверхность. Вибрация торцевой поверхности стержня с ультразвуковой частотой обеспечивается за счёт магнитострикционного эффекта – изменения длины стержня в переменном магнитном поле. Более мелкое распыление топлива или других жидкостей можно обеспечить интерференцией ультразвука от вибрирующего стержня и от колебаний среды в рабочем объёме [2]. Это явление названо двойным резонансом ультразвука и иллюстрируется на рис. 1.

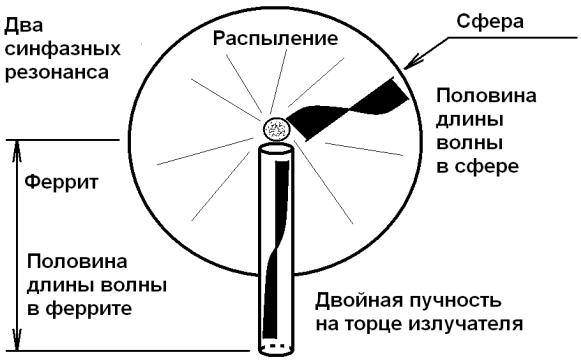


Рис. 1. Интерференция – двойной резонанс ультразвука

Дальнейшее изучение ультразвуковой форсунки потребовало провести теоретические исследования [3]. В частности, при изучении процесса распыления различных жидкостей был ***отмечен парадокс***, который экспериментально никак не объяснялся. Казалось бы, жидкости с малыми значениями коэффициента поверхностного натяжения должны распыляться лучше, потому что требуется меньше энергии для увеличения площади поверхности капель. Однако реально они практически не распылялись. Для объяснения этого явления была разработана и предложена новая физическая и математическая модель распыления полушаровой капли магнитострикционным стержнем [4]. Эта модель поясняется схемой на рис. 2.

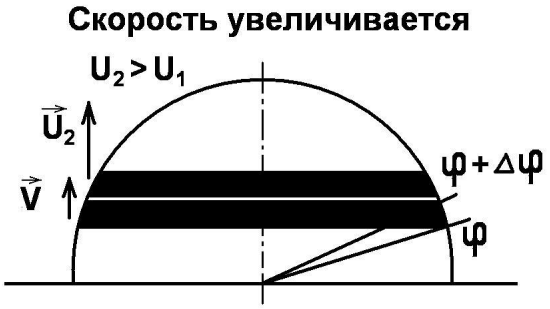


Рис. 2. Увеличение передачи скорости жидкости к более лёгким слоям

В основу исследования была положена гипотеза абсолютноупругого удара тяжёлого шара с более лёгким, которая иллюстрируется на рис. 3.

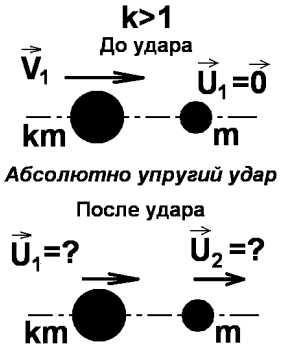


Рис. 3. Гипотеза абсолютноупругого удара тяжёлого тела с лёгким

Была решена известная школьная задача об абсолютноупругом ударе набегающего тяжёлого шара, масса которого в k раз больше массы неподвижного шара. Определены скорости шаров после удара. После совместного применения законов сохранения импульса и энергии была записана система уравнений $\begin{cases} kmV = kmU_1 + mU_2 ; \\ \dfrac{kmV^2}{2} = \dfrac{kmU_1^2}{2} + \dfrac{mU_2^2}{2}. \end{cases}$

Было выбрано решение этой системы уравнений, которое удовлетворяет требованиям классической механики. Решение показывает, что первое тело затормозилось после удара, а второе тело ускорилось $\begin{cases} U_1 = \dfrac{k-1}{k+1}V ; \\ U_2 = \dfrac{2k}{k+1}V . \end{cases}$

При решении задачи предполагали, что масса первого, налетающего тела в k раз больше массы второго, покоящегося тела.

Для решения задачи о передаче скорости в распыляемой капле жидкости важна вторая скорость, то есть скорость, которую получает верхний, более лёгкий слой жидкости.

Разделим полушаровую каплю жидкости на множество тонких плоских слоёв-цилиндров одинаковой высоты Δh. Рассмотрим два соседних слоя полушаровой капли жидкости. Такая физическая модель передачи скорости была применена к полушаровой капле жидкости. Для этого выразили массы нижнего и верхнего слоёв жидкости в капле

$$m_1 = \rho\pi R^2 \cos^2\varphi \cdot 2R\sin\frac{\Delta\varphi}{2}\cos\left(\varphi+\frac{\Delta\varphi}{2}\right);$$

$$m_2 = \rho\pi R^2 \cos^2\left(\varphi+\Delta\varphi\right) \cdot 2R\sin\frac{\Delta\varphi}{2}\cos\left(\varphi+\frac{\Delta\varphi}{2}\right).$$

Затем определили отношение большей массы нижнего, налетающего слоя к меньшей массе верхнего, покоящегося слоя и упростили полученное выражение:

$$k = \frac{m_1}{m_2} = \frac{\cos^2\varphi}{\cos^2\left(\varphi+\Delta\varphi\right)}.$$

Определяем скорость отскока покоящегося слоя жидкости

$$U_2 = \frac{2k}{k+1}V = \frac{2V}{1+\frac{1}{k}} = \frac{2V}{1+\frac{\cos^2\left(\varphi+\Delta\varphi\right)}{\cos^2\varphi}}.$$

Результаты численного моделирования кратности возрастания скорости в полушаровой капле представлены ниже на рис. 4. По горизонтальной оси отложен угол возвышения над горизонтальной плоскостью верхнего торца вибрирующего стержня, то есть над диаметральной плоскостью полушаровой капли жидкости. Левая часть графика соответствует нулевому углу возвышения, а правая – прямому углу возвышения 90 градусов. По вертикальной оси отложена кратность возрастания скорости жидкости по сравнению со скоростью, переданной магнитострикционным стержнем нижнему слою жидкости.

Рис. 4. Увеличение скорости жидкости в полушаровой капле

Полученные результаты позволяют сделать вывод о сингулярности явления передачи гидроудара в верхней точке капли. До угла возвышения 45 градусов, до верхней половины капли и даже более, скорость жидкости практически не возрастает. Это положение полностью соответствует теории абсолютноупругого удара. Если массы сталкивающихся тел одинаковы, то происходит обмен скоростями. В полушаровой капле нижние слои до угла возвышения 45 градусов, имеют приблизительно одинаковые массы, поэтому скорость практически не изменяется по сравнению с начальной. Однако при увеличении угла возвышения более 45-60 градусов масса верхнего соседнего слоя жидкости становится существенно меньше массы нижнего соседнего слоя жидкости. При столкновении тяжёлого движущегося тела с неподвижным лёгким телом последнее получает увеличенную скорость. В пределе, при столкновении бесконечно тяжёлого тела с бесконечно лёгким последнее получает удвоенную скорость тяжёлого, что объясняется принципом Галилея для сложения скоростей.

В верхней точке полушаровой капли наблюдается сингулярность – с математической позиции это особая точка. В ней кратность возрастания скорости стремится к бесконечности. Например, в окрестности 0,02 (рад) до прямого угла скорость жидкости возрастает более чем в 30 раз. Если рассмотреть более высокий слой в окрестности 0,002 (рад) до прямого угла, то скорость жидкости возрастает в 319,11 раза! Практически это сверхзвуковая скорость.

При больших скоростях в капле жидкости наблюдаются другие физические явления. По закону Бернулли с увеличением скорости жидкости давление в ней уменьшается. Но давление в жидкости не может уменьшаться бесконечно. Оно может уменьшиться только до величины давления насыщенного пара при заданной температуре окружающей среды. Дальнейшее уменьшение давления приведёт к испарению, кавитации капли не за счёт подведения тепла, а за счёт уменьшения давления.

Этот новый результат подтверждается полученными фотографиями и видеосъёмкой процесса распыления капли (рис. 5).

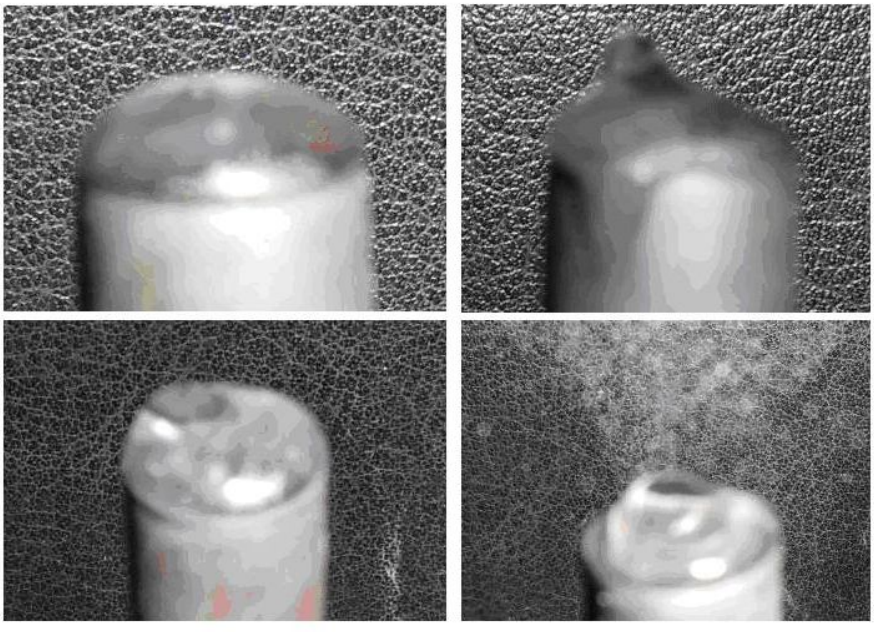


Рис. 5. Подтверждение правильности разработанной модели распыления капли

На фотографиях чётко виден процесс постепенного образования сингулярности именно в полярной области капли. Самые редкие фотографии, более чем из полутысячи, - это две последние, на которых виден кавитационный взрыв сингулярности с образованием кавитационной воронки с последующим выбросом из неё жидкости подобно извержению вулкана.

Последнее достижение в работе – это обоснование оптического метода для измерения размеров частиц после распыления. Такая работа предложена фирмой BASWA Acoustic (Швейцария) с перспективой применения ультразвуковой форсунки в краскопультах. У фирмы большие проблемы с размерами частиц краски – более 100 мкм, что ухудшает товарное качество и защитные свойства лакокрасочных покрытий. Совместная работа с фирмой может начаться, если будет доказано, что размеры распылённых частиц краски не превышают 10 мкм. Фирма предоставила для анализа фотографии лакокрасочных покрытий. Размер частиц краски 100 мкм - это очень много для качественного покрытия. Ультразвуковая форсунка обеспечивает размер капелек не более 30 мкм, а реально ещё меньше, менее 10 мкм.

Оптический метод определения размера распылённых частиц отложен на перспективу. По заказу фирмы BASWA Acoustic (Швейцария) нужно было срочно оценить размер распылённых частиц. Для этого был предложен метод на основе школьной олимпиадной задачи – определение скорости падения капли в воздухе при линейной или нелинейной зависимости силы сопротивления от скорости. За основу был принят закон сопротивления движению капли в воздухе, взятый из аэродинамики $F_c = C_x S \frac{\rho_г v^2}{2}$ с общепринятыми обозначениями коэффициента аэродинамического сопротивления C_x, площади поперечного сечения S, плотности газа $\rho_г$ и скорости потока v.

Капля жидкости будет падать в газе-воздухе равномерно, если величина силы тяжести mg будет уравновешена силой сопротивления F_c её движению, то есть $F_c = mg$.

Обозначим $\rho_ж$ - плотность жидкости (воды) в капле (кг/м^3); для воды $\rho_ж = 1000$ кг/м^3. Выражаем радиус капли $r = \frac{3C_x \rho_г v^2}{8\rho_ж g}$.

Для вычисления радиуса r равномерно падающей капли надо измерить скорость оседания факела распыления в воздухе. Измерение было выполнено с помощью видеосъёмки. Для анализа были выбраны два кадра с пропуском 24-х промежуточных. Так как скорость видеосъёмки была 25 кадров в секунду, то полученные два кадра оказались выполненными с интервалом времени ровно 1 секунда. По этим двум кадрам скорость падения капель в воздухе была оценена величиной 10 см/с, то есть 0,1 м/с с относительной ошибкой около 60% (ошибка округлена в большую сторону).

Вычисляем: $r = \frac{3C_x \rho_г v^2}{8\rho_ж g} = \frac{3 \cdot 0,5 \cdot 1,2 \cdot 0,1^2}{8 \cdot 1000 \cdot 9,81} \approx 2 \cdot 10^{-7}$ (м).

В микрометрах (микронах) получаем $r \approx 0,2$ (мкм).

Диаметр капли равен $d = 0,4$ мкм, то есть 400 нм.

Выводы.

Распыление жидкости на основе физического принципа ультразвуковой магнитострикции позволяет получить размер дисперсных частиц на уровне 0,5 мкм.

Для справки: в дизельных двигателях качественное сгорание топлива требует иметь размер частиц не более 20 мкм. Если в дизельном двигателе размер топливных частиц будет более 70 мкм, то топливо практически не сгорает, двигатель очень сильно дымит, расход топлива резко возрастает, мощность двигателя уменьшается, на поршнях образуется нагар, двигатель быстро выходит из строя.

ЛИТЕРАТУРА

1. Майер В.В., Вараксина Е.И. Звук и ультразвук в учебных исследованиях: Учебное пособие. – Изд.2-е. – Долгопрудный: Издательский Дом «Интеллект», 2012. - 336 с.
2. Коровянская А.Д., Лебедев В.В. Ультразвуковой распылитель топлива с двойным резонансом / Материалы Международной школы-семинара «Физика в системе высшего и среднего образования». Актуальные проблемы преподавания физики в ВУЗах и школах стран постсоветского пространства // Под ред. проф. Г.Г. Спирина. – М: Издательский дом. Академии им. Н.Е. Жуковского, 2013. – 184 с. – ISBN 978-5-903111-61-9 – С.71-74.
3. Коровянская А.Д. Ультразвуковоая форсунка с двойным резонансом для тепловых двигателей / Сборник тезисов 2-й Всероссийской Интернет-конференции «Грани науки – 2013». – Отв. ред. А.В. Герасимов. (Электронный ресурс) – Казань: СМУ и С, 2013. – ISSN 2227-8389. – С.844-845.
4. Коровянская А.Д. Видеолекция: Распыление топлива двойным резонансом ультразвука. – Электронный ресурс (20.03.2014): http://grani2.kznscience.ru/videolekcii/7/
5. Коровянская А.Д. Ультразвуковая форсунка. – Электронный ресурс (20.03.2014):http://www.youtube.com/watch?v=7Niu-VQ1G04

Анализ энергобезопасности применения газотурбинных установок для энергосбережения технологического процесса целлюлозно-бумажного комбината

ХРУЛЁВ Дмитрий Геннадьевич
г. Одинцово, МБОУ Одинцовская гимназия №13, 11 класс

Научный руководитель:
Бурцев Сергей Алексеевич, к.т.н., доцент кафедры «Газотурбинные и нетрадиционные энергоустановки» МГТУ им. Н.Э. Баумана

Введение. Целлюлозно-бумажная промышленность – одна из основных отраслей в экономике многих стран. Она является крайне энергоёмкой, поэтому проблемы её энергообеспечения и энергобезопасности являются главной задачей энергетики всего лесопромышленного комплекса. Рассматривая процесс получения целлюлозно-бумажной продукции, можно выделить также, что большая часть первоначального сырья теряется в виде производственных отходов, которые могли бы применяться после обработки в качестве топлива. Таким образом, использование биотоплива (например, биоэтанола) не только понизит себестоимость продукции и уменьшит негативное влияние на экологию, но и будет более выгодным с точки зрения энергобезопасности. Но биоэтанол – специфическое топливо, на котором могут работать не все энергоустановки. Наиболее эффективными в данной ситуации оказываются газотурбинные установки. Они, обладая большой мощностью, обеспечивают высокий КПД даже на таком низкоэнергетическом топливе, как биоэтанол. Исходя из этого, можно предложить несколько вариантов энергообеспечения технологического процесса целлюлозно-бумажного комбината, а также подсчитать их экономическую выгоду с учётом энергобезопасности предприятия. В итоге, после анализа различных способов можно выбрать наиболее приемлемую стратегию обеспечения необходимыми энергоресурсами для производства целлюлозно-бумажной продукции.

Цель работы - проведение анализа энергобезопасности стратегий энергообеспечения целлюлозно-бумажного комбината.

Содержание работы. В первую очередь был проведён анализ технологического процесса получения целлюлозно-бумажной продукции, результатом которого стало оценочное количество отходов, возможных к извлечению из данного процесса для переработки (около 650 кг на тонну готовой продукции). Далее была предложена многоступенчатая схема химической переработки древесного сырья в 95,5 % биоэтанол с выходом примерно 280 кг на тонну готовой продукции [1].

В работе был проанализирован технологический процесс получения целлюлозно-бумажной продукции с точки зрения его энергобезопасности. Энергобезопасность, по одному из определений, - это обеспечение бесперебойного доступа к энергетическим ресурсам по приемлемой цене.

Процесс производства целлюлозно-бумажной продукции является энергоёмким, цикличным и непрерывным, поэтому обеспечение его энергобезопасности – одна из важных задач энергетики данной отрасли. На разных этапах процесса производства отсутствие или недостаток обеспечения электроэнергией могут нанести различный ущерб, как то: прекращение подачи сырья, неизбежный брак

продукции, порча реагентов химического разделения, остановка циклического процесса варки щепы, возможность аварийного выброса опасных реагентов в окружающую среду. Как показано выше, перебои в подаче электроэнергии могут нести за собой серьёзные последствия, а это значит, что для обеспечения высокого выхода готовой продукции, было бы рационально рассмотреть несколько способов энергоообеспечения целлюлозно-бумажного производства. Были предложены три варианта: покупка энергии у энергокомпаний; установка и эксплуатация газотурбинных установок на привозном топливе, например, керосине; установка и эксплуатация газотурбинных установок на биотопливе, например, этаноле, полученном из отходов производства.

Далее были произведены расчеты, которые показали, что полученного из отходов производства биоэтанола должно хватить для обеспечения электроэнергией комбината заданной мощности 50000 тонн бумаги в год, а также получена необходимая мощность энергоустановок – 12 МВт. На основании этих данных предложено использовать три газотурбинные установки мощностью 6 МВТ каждая, одна из которых будет резервная. Она необходима для покрытия пиковых нагрузок или на случай выхода из строя одной из основных установок. На рисунке 1 графически представлены зависимости КПД установки и расхода воздуха в ней от степени повышения давления в компрессоре, полученные при расчёте её, используя в качестве заданного топлива керосин, по методическому пособию [2]. Так же на основании этого графика была выбрана оптимальная степень повышения давления в компрессоре, равная 22. В таблице 1 представлены основные параметры, полученные для заданной степени повышения давления, из которых необходимо выделить КПД, равный 27,64% и часовой расход топлива, равный 1493 кг/ч.

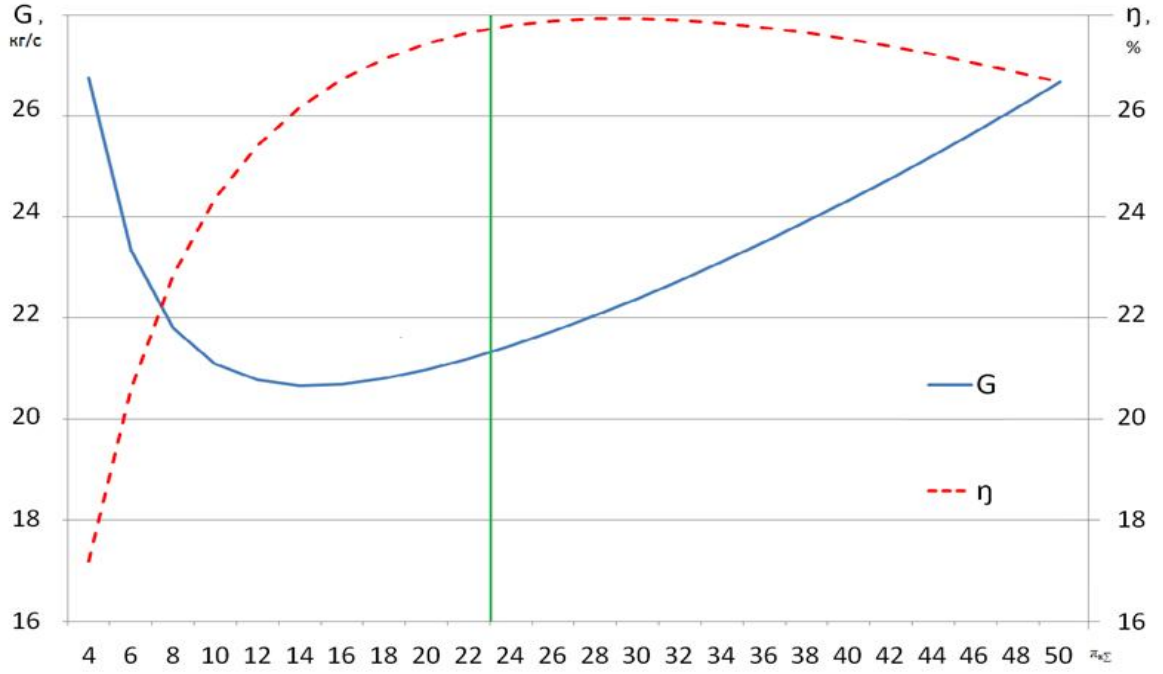


Рис. 1. Зависимости КПД установки и расхода воздуха в ней от степени повышения давления в компрессоре при расчёте её, используя в качестве заданного топлива керосин

Таблица 1. Основные параметры газотурбинной установки, полученные при её расчёте, используя в качестве топлива керосин

Давление за компрессором, кПа	2 140
Температура за компрессором, К	638
Удельная работа компрессора, кДж/кг	442
Давление за камерой сгорания, кПа	2 098
Температура за турбиной, К	768
Удельная работа турбины, кДж/кг	852
Относительный расход топлива, Дж/кг	0,0233
Удельная мощность, кДж/кг	283
Секундный расход воздуха, кг/с	21,2
Часовой расход топлива, кг/ч	1493
КПД установки, %	27,64

На рисунке 2 графически представлены зависимости КПД установки и расхода воздуха в ней от степени повышения давления в компрессоре, полученные при расчёте её, используя в качестве заданного топлива биоэтанол. На основании этого графика также была выбрана оптимальная степень повышения давления в компрессоре, равная 22, которая совпадает с расчётной степенью повышения давления в установке на керосине, что означает возможность использования одних и тех же установок. В таблице 2 представлены основные параметры, полученные для заданной степени повышения давления, из которых также необходимо выделить КПД, равный 27,39% и часовой расход топлива, равный 2145 кг/ч.

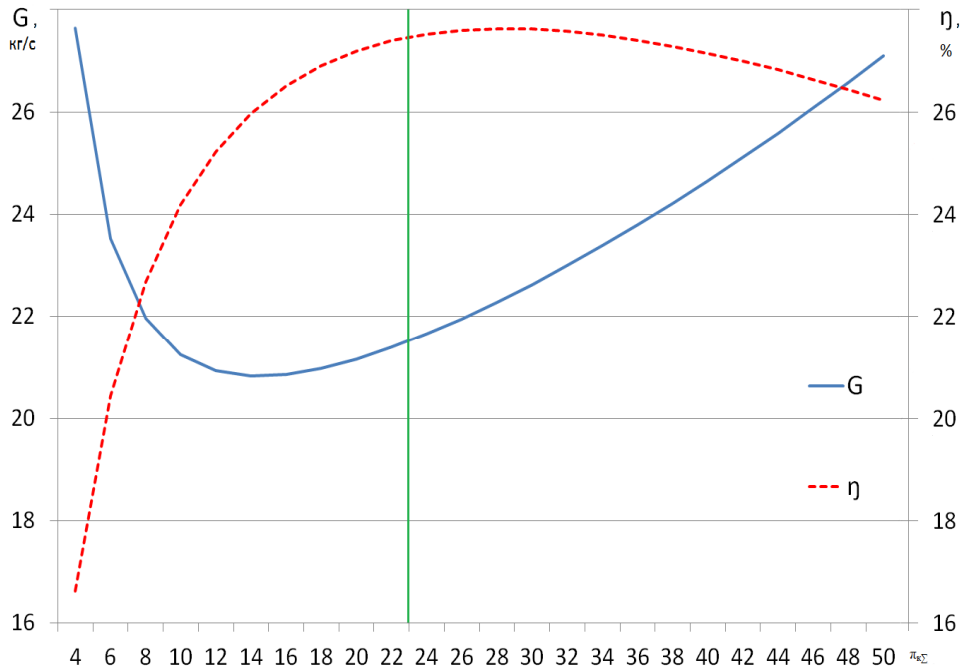


Рис. 2. Зависимости КПД установки и расхода воздуха в ней от степени повышения давления в компрессоре при расчёте её, используя в качестве заданного топлива биоэтанол

Таблица 2. Основные параметры газотурбинной установки, полученные при её расчёте, используя в качестве топлива биоэтанол

Давление за компрессором, кПа	2 140
Температура за компрессором, К	638
Удельная работа компрессора, кДж/кг	442
Давление за камерой сгорания, кПа	2 076
Температура за турбиной, К	777
Удельная работа турбины, кДж/кг	841
Относительный расход топлива, Дж/кг	0,0332
Удельная мощность, кДж/кг	280,5
Удельный расход топлива, кг/(кВт·ч)	0,357
Секундный расход воздуха, кг/с	21,4
Часовой расход топлива, кг/ч	2145
КПД установки, %	27,39

Возможности использования теплоты уходящих в атмосферу газов также были рассмотрены в работе, однако не учитывались в экономическом анализе. Это использование регенератора, использование теплообменника для нагревания воды, использование энергии для обеспечения работы паротурбинной установки. После необходимых расчётов был произведён экономический анализ, который можно свести к следующим данным:

1 способ: покупка энергии у энергокомпаний. Себестоимость готовой продукции составила 5 608 рублей на тонну.

2 способ: установка и эксплуатация газотурбинных установок на привозном керосине. Себестоимость готовой продукции составила 19 880 рублей на тонну.

3 способ: установка и эксплуатация газотурбинных установок на биоэтаноле, полученном из отходов производства. Себестоимость готовой продукции составила 4 175 рублей на тонну.

На основе экономического анализа оптимальным вариантом энергообеспечения оказался третий способ. Тогда для корректной оценки экономической эффективности данного варианта необходимо учесть затраты на покупку оборудования, необходимого при производстве биоэтанола, и газотурбинных установок. Дополнительные затраты составили 736,2 миллиона рублей [3]. Если сравнивать третий способ с первым, то выгода составит около 71,7 миллионов рублей в год и все оборудование окупится через 11 полных лет.

Выводы.

Основываясь на проделанном анализе, был сформулирован следующий результат. Экономический анализ показал, что наиболее эффективным является использование топлива, полученного из отходов производства. Этот вариант ведёт за собой снижение себестоимости продукции на 34% и повышение энергобезопасности предприятия, причём дополнительные затраты окупаются через 11 лет.

Однако следует учесть, что в проведенном экономическом анализе не рассматриваются юридические аспекты использования биоэтанола. Для объективной оценки полученного снижения

себестоимости необходимо добавить, что текущее законодательство Российской Федерации предусматривает высокие акцизы на производство спиртосодержащей продукции, поэтому, в силу этих причин, вероятная выгода предложенной стратегии энергообеспечения может оказаться несущественной, или даже такой способ может повлечь за собой издержки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Стабников В. Н., Ройтер И. М., Процюк Т. Б. Этиловый спирт. – Москва: Издательство «Пищевая промышленность», 1976. – 273 с.
2. Михальцев В.Е., Моляков В.Д. Расчёт цикла газотурбинной установки – Москва: Издательство МГТУ имени Н. Э. Баумана, 2000. – 32 с.
3. Семенов В.Г., Дубенец В.С., Черваков В.В**.** Отчёт «Энергетические газотурбинные установки и энергетические установки на базе газопоршневых и дизельных двухтопливных двигателей» – Москва: Энергоатомиздат, 2004. – 127 с. – URL: http://www.rosteplo.ru/Tech_stat/stat_shablon.php?id=788

Определение изменения некоторых термодинамических величин при экспериментальном исследовании изобарных процессов

ПРОКОПЕНКО Марина Сергеевна
г. Нижний Новгород, МБОУ лицей № 38, 11 класс

Научный руководитель:
Чирков Алексей Юрьевич,
к.т.н., доцент кафедры «Теплофизика»
МГТУ им. Н. Э. Баумана

Общественные потребности в техническом развитии обусловили со второй половины 19 века широкое практическое применение методов термодинамики. Ядро термодинамики составляют представления о тепловых свойствах вещества и параметрах тепловых процессов, поэтому методы определения этих свойств и параметров являются важной и актуальной задачей ряда прикладных и фундаментальных наук: теплотехники, теории ДВС, физической химии и астрофизики.

Наиболее употребительными параметрами на практике являются энтропия, энтальпия, а также теплоёмкость вещества. Энтальпия применяется в расчетах теплоты химических реакций тепловых машин, котлов, двигателей для определения полученной при сгорании топлива теплоты. На практике энтальпия воды используется, в частности, для вычисления к.п.д. парового двигателя, а энтальпия воздушно-газовой смеси используется для вычисления к.п.д. двигателя внутреннего сгорания. Энтропия используется, например, в диаграммах Молье для воды и пара с 1901 г. При этом энтальпия и энтропия не могут быть определены в прямом эксперименте, а вычисляются на основе значений теплоёмкостей при постоянном объеме c_v и постоянном давлении c_p. То же можно сказать и о ряде других термодинамических величин. Эти соображения позволяют особо выделить методы определения теплоёмкостей из ряда других методов термодинамики.

Данная работа посвящена определению некоторых важнейших тепловых свойств воды: изобарной теплоёмкости в различных фазовых состояниях воды и теплоты плавления пресного льда. Умение измерять эти свойства экспериментально или вычислять теоретически имеет большое значение для изучения различных физических явлений. Например, знание теплоёмкостей пресного льда нужно в гляциологии, теплоёмкость льда при низких температурах нужна в исследованиях кометного вещества. Знание теплоёмкости пара требуется в тепловых расчётах котлов теплоэлектростанций.

Цель работы заключается в опытном определении теплоты фазового перехода, построении расчетных кривых теплоемкостей при постоянном давлении для льда, жидкости и водяного пара и при проведении сравнительного анализа результатов расчета с экспериментальными данными из справочников [2],[5],[7].

Работа шла в двух направлениях, которые образуют обычный состав физического исследования: проведение опытов и расчетов.

Для расчета теплоемкости льда при постоянном давлении c_p была использована формула классической термодинамики [5]: $c_p = c_v + TV\alpha^2 K$,

где T – температура в градусах Кельвина,

α – коэффициент объемного расширения,

V – молярный объем льда,

K – объемный модуль упругости [3].

На основе данной формулы был построен график зависимости теплоемкости при постоянном давлении от температуры (c_p расчетная), рис. 1.

Для сравнения были построены также кривые, в основе которых лежат экспериментальные измерения. Первая кривая построена по формуле Вейнберга [6]: $c_p = 2{,}12 \cdot 18 \cdot (1 + 0{,}0037(t - 273))$, а вторая – по данным из справочника [4] (рис. 1).

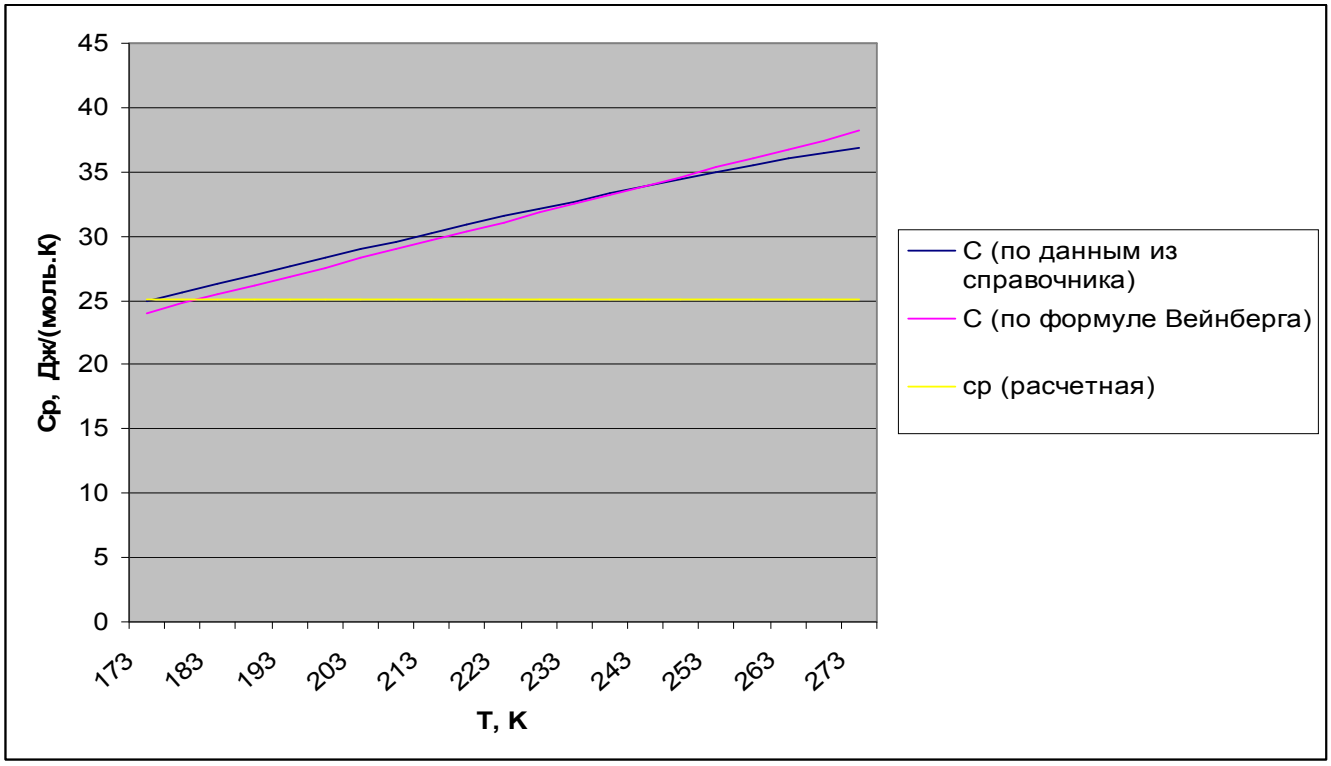


Рис. 1. Зависимости теплоемкости при постоянном давлении от температуры

Из графиков видно, что результаты расчетов теплоёмкости отличаются от результатов опытных исследований, полученных в других источниках. Одной из причин несоответствия классической теории теплоёмкости действительности, возможно, являются колебания атомов в молекулах льда. Классическая теория теплоёмкости совпадает с экспериментом для некоторых кристаллических веществ при достаточно высокой температуре.

Для опытного определения теплоемкости льда при постоянном давлении c_p была проведена серия экспериментов с использованием калориметрического метода. При этом первая серия была признана неудачной из-за большой погрешности. Было сделано предположение, что возможной причиной большой погрешности опытов являются тепловые потери из калориметра в окружающую среду. Чтобы

проверить это предположение был проведён вспомогательный эксперимент по определению этих теплопотерь, после чего была проведена новая серия опытов с учётом поправки на утечку тепла.

В опытах с помощью весов измерялась масса льда $m_л$, затем лёд помещался в калориметр с водой. Калориметр, поставленный на теплоизолирующую подставку, был закрыт крышкой с отверстием для термометра для минимизации утечек тепла. Измерялась начальная температура воды $t_{1в}$, лед погружался в калориметр с водой, с помощью секундомера замерялось время таяния льда t_1 и измерялась конечная температура воды $t_{2в}$.

Теплота плавления льда вычисляется на основе уравнения теплового баланса:

$Q_{отд} = Q_{пол}$,

где $Q_{пол}$ – тепло, полученное льдом при плавлении,

$Q_{отд}$ – тепло, отданное водой;

при этом $Q_{отд} = c_в m_в (t_в - t_{кон})$.

Здесь $c_в$ – удельная теплоемкость воды, $m_в$ – масса воды, $t_{кон}$ – конечная установившаяся температура воды, $t_в$ – начальная температура воды.

С учетом массы $m_{ст}$ и теплоемкости алюминиевого стакана $c_{ал}$, а также теплоёмкости льда $c_л$ из уравнения баланса можно получить следующее выражение для удельной теплоты плавления льда:

$$q_{пл} = \frac{((c_в m_в + c_{ал} m_{ст})(t_{1в} - t_{2в}) - c_в m_л t_{2в} + c_л m_л t_1}{m_л}.$$

Эксперимент проводился 7 раз, затем данные усреднялись и вычислялись средняя удельная теплота плавления льда и энтропия. Среднее значение $q_{пл}$ составило 295,80292 кДж/кг, что расходится с известным из справочника экспериментальным значением на 14%.

Для оценки тепловых потерь калориметра было принято, что теплообмен с окружающей средой может быть описан выражением $dQ = k(t - t_{вс})d\tau$, где t – температура внутри сосуда, $t_{вс}$ – температура внешней среды, а k – некий постоянный коэффициент теплопотери. Эта зависимость выражает сущность закона Ньютона-Рихмана.

Коэффициент теплопотери определяется по результатам вспомогательного эксперимента. Его значение k= -8,1792, что подтверждает уменьшение температуры внутри калориметра с ходом времени. По данным вспомогательного эксперимента был построен график тепловых потерь (рис. 2), из которого можно видеть, что принятый закон теплообмена с окружающей средой можно использовать для оценки тепловых потерь.

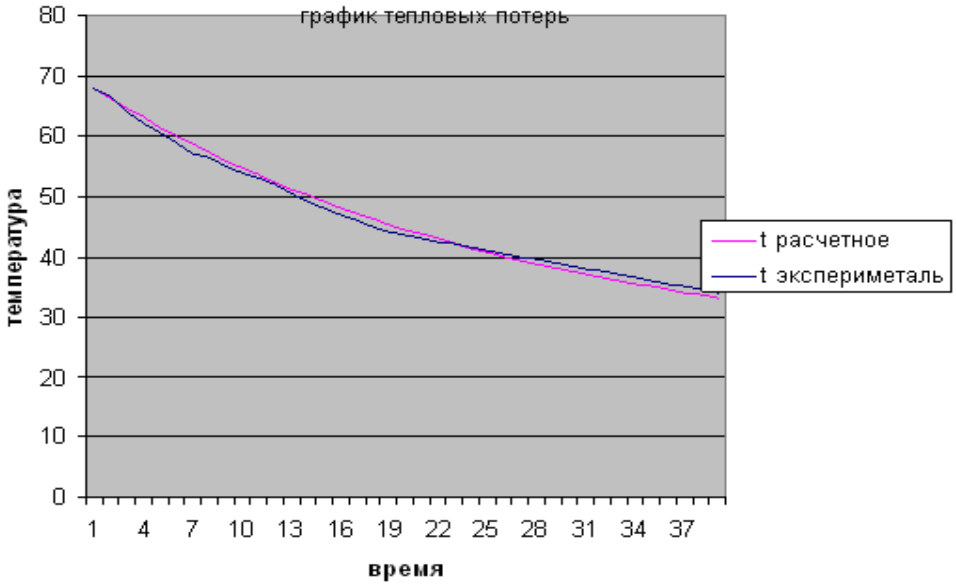


Рис. 2. График тепловых потерь

Далее был проведён второй эксперимент, подобный первому, но в котором дополнительно фиксировалось время измерения, необходимое для последующего расчёта утечек тепла. Полученные данные корректировались с помощью модели утечек тепла. В результате второго эксперимента теплота плавления льда была определена с погрешностью 3%.

Следующий этап данной работы состоял в сравнении теоретически вычисленной теплоёмкости воды в жидком состоянии с известными экспериментальными значениями.

Удельная теплоемкость воды в жидком состоянии, равная 4200 Дж/(моль·К), соответствует молярной теплоемкости 75,9 Дж/(моль·К) ≈ 9,12R. На один моль атомов (и кислорода, и водорода), входящих в состав жидкой воды, приходится около 3,04R, т.е. вода формально подчиняется закону Дюлонга и Пти для твердых тел, хотя и не является твердым телом. Этим обуславливается трудность расчета значений теплоемкости воды. Из графика (рис. 3) видно, что теплоемкость воды – переменная величина.

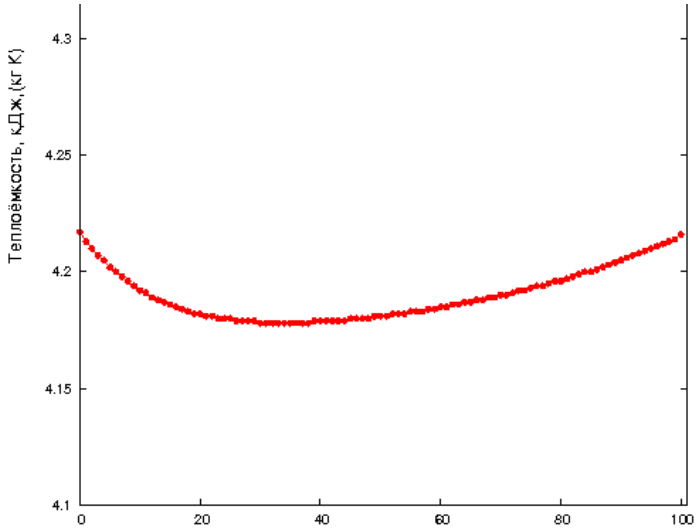


Рис. 3. Зависимость теплоемкости воды от температуры по данным справочника

Наиболее вероятной причиной расхождения вычисленных значений молярной теплоемкости воды с экспериментальными данными является наличие водородных связей между молекулами в жидкости, которое влияет на термодинамические свойства воды. Поэтому действительно строгие расчеты для молекулы воды еще невозможны [1]. Для нужд теплотехники достаточно считать теплоемкость воды постоянной.

Последний этап данной работы – получение зависимости теплоемкости при постоянном давлении от температуры для водяного пара. Расчет c_p для водяного пара был проведен по следствию из теоремы о распределении энергии по степеням свободы. Согласно данному следствию: $c_p = \frac{i+2}{2} R = 4R$.

По данному выражению значение теоретической теплоемкости получается c_p=33,24 Дж/(моль К), что практически совпадает с табличным значением 33,2 Дж/(моль К), при атмосферном давлении [2].

Также можно рассчитать теплоемкость при постоянном давлении, используя эмпирическое приближенное уравнение [7]: $c_p = \alpha + bT + \frac{c`}{T^2}$,

где T – температура в Кельвинах,

α = 30,00, b = 10,71*10^{-3}, c`=0,33*10^{1} – коэффициенты из справочника [8].

Результаты расчетов представлены на рис. 4.

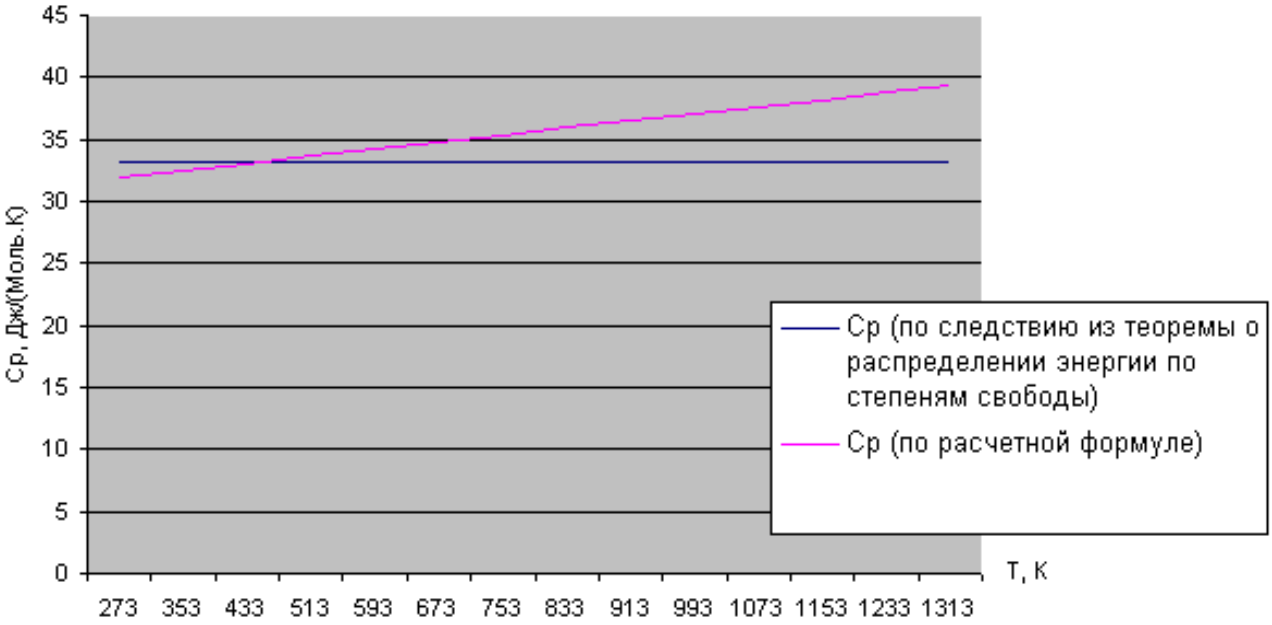


Рис. 4. Зависимость теплоемкости при постоянном давлении от температуры для водяного пара

Причиной расхождения значений теплоемкостей является то, что теоретическое значение получено в предположении, что молекулы не взаимодействуют между собой, а экспериментальные значения получены для температур, близких к комнатной [2]. Объяснение такого поведения дается квантовой

механикой: квантовые эффекты оказывают воздействие на теплоемкость в этом температурном диапазоне.

В результате выполненного исследования могут быть сделаны следующие выводы.

На основании теоретических расчётов наглядно показано, что простые механические модели, в которых вещество изображается в виде набора атомов или молекул с различными степенями свободы, для расчётов теплоёмкости воды в разных фазах неприменимы. Для практических задач требуется либо эксперимент, либо иные, более сложные модели. Потребность в подобных теоретических расчётах возникает при исследовании тепловых свойств высокомолекулярных соединений, экспериментальное изучение которых затруднительно в силу очень большого количества таких веществ. Классическая теория теплоёмкости совпадает с экспериментом для кристаллических веществ при высокой температуре. Расчетные методы такого типа могут использоваться при определении тепловых свойств высокомолекулярных соединений. Это обуславливает практическую значимость такого типа расчетов изобарной теплоёмкости в различных фазовых состояниях воды и теплоты плавления пресного льда.

Также установлено, что при проведении опытов со школьным калориметром необходима корректировка результатов на тепловые потери, так как в противном случае погрешность может быть неприемлемой.

ЛИТЕРАТУРА

1. Эйзенберг Д., Кауцман В. Структура и свойства воды – М.: Гидрометеоиздат, 1975
2. Савельев В.И. Курс общей физики том I - М.: Наука, главная редакция физико-математической литературы, 1970
3. Кошкин Н.И. и Ширкевич М.Г. Справочник по элементарной физике – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Наука, главная редакция физико-математической литературы, 1972
4. Левич В.Г. Курс теоретической физики том I – 2-е изд., перераб. – М.: Наука, главная редакция физико-математической литературы, 1969
5. Беховых Л.А. Основы гидрофизики – М.: Барнаул АГАУ, 2008
6. Киреев В.А. Краткий курс физической химии – 4-е изд., доп. и перераб. – М.: Химия, 1970
7. Мищенко К.П., Равдель А.А. Краткий справочник физико-химических величин – Л.: Химия, 1974

Исследование пневмопривода станка по сборке каркасов шин

КАШИРИН Дмитрий Сергеевич
г. Ступино, МБОУ СОШ № 5, 11 класс

Научный руководитель:
Андреев Максим Андреевич,
аспирант кафедры
«Гидромеханика, гидромашины
и гидропневмоавтоматика»
МГТУ им. Н.Э. Баумана

Объектом исследования является станок по сборке каркасов шин, располагающийся на заводе ООО "Континентал Калуга". Технология сборки шин очень сложна и происходит в несколько этапов. Основным этапом сборки является изготовление каркаса. Во время него происходит соединение и укатка нескольких слоев: текстильного, гермослоя и накладка боковины.

В сборке крайне важны такие параметры станка, как производительность, точность, экономичность обслуживания. Многие инженеры и конструкторы стараются максимально улучшить данные показатели, так как от этих параметров напрямую зависит качество покрышек, количество произведенной продукции и в конечном итоге прибыль компании.

Целью данной работы является совершенствование пневмопривода станка по сборке каркасов шин. Для достижения данной цели были поставлены следующие задачи:

1) Изучить конструкцию и выделить основные узлы, влияющие на эксплуатационные качества станка.
2) Разработать упрощённую пневматическую схему, позволяющую реализовывать основные функции станка.
3) Разработать упрощенную математическую модель работы пневмопривода для синтеза устройства плавного торможения.
4) Проверить эффективность работы устройства плавного торможения на имитационной математической модели.
5) Предложить конструктивную схему тормозного устройства пневмоцилиндра.

Станок состоит из сдвижного ящика, резинокордной оболочки, конусов формирования каркаса, пневматического барабана.

Упрощенная прицпиальная схема станка показана на рисунке 1.

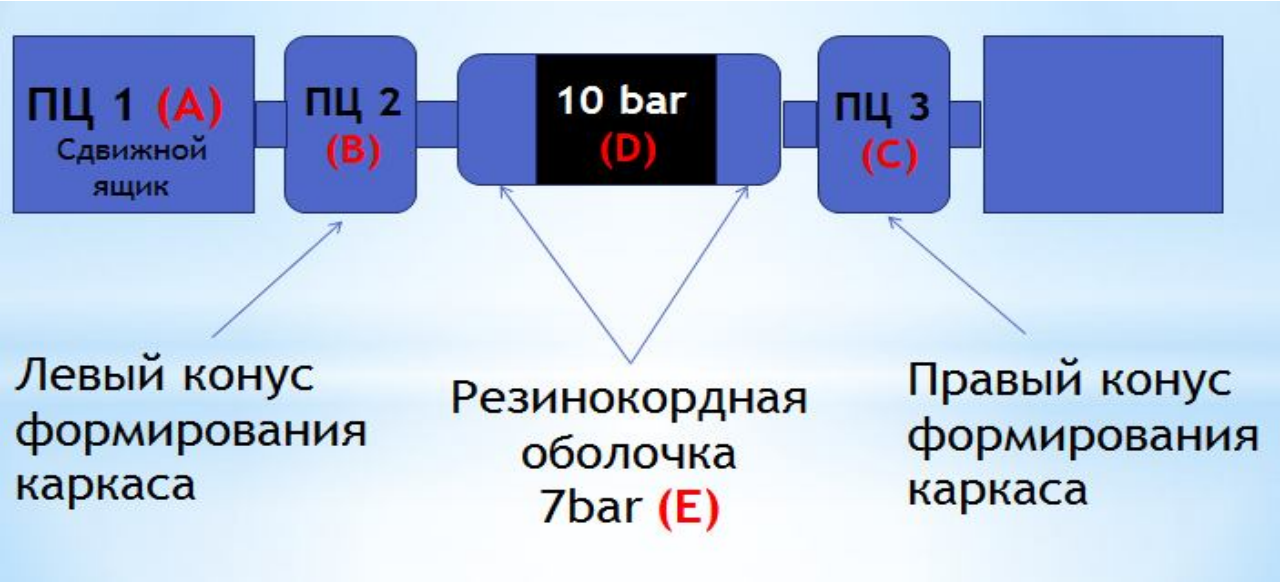


Рис. 1. Упрощенная приципиальная схема станка

Описание процесса:

1) Сдвижной ящик движется вперед (рис. 2);
2) Правый конус формирования каркаса перемещается над правым сегментом центрирования стержня, перенимает стержень и возвращается в исходное положение (рис. 3);
3) Левый конус формирования каркаса перемещается над левым сегментом центрирования стержня, перенимает стержень и возвращается в исходное положение (рис. 3);
4) Укладывается внутренний слой (рис. 4);

Рис. 2. Перемещение сдвижного ящика

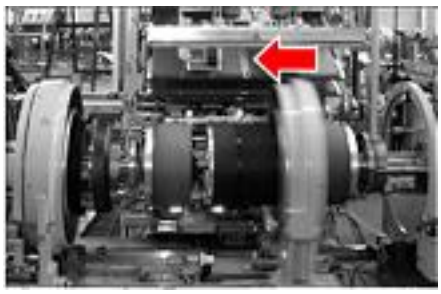


Рис. 3. Перенимание стержней

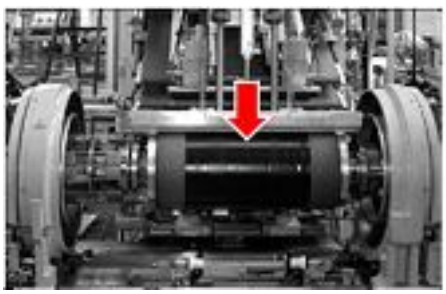


Рис. 4. Укладка внутреннего слоя

5) Барабан расширяется (рис. 5);
6) Выполняется усадка стержней и формирование каркаса: конусы формирования каркаса выезжают вперед (рис. 6);
7) Конусы формирования каркаса заезжают назад (рис. 6);

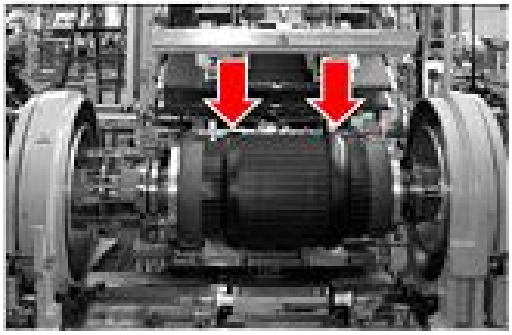


Рис. 5. Расширение барабана

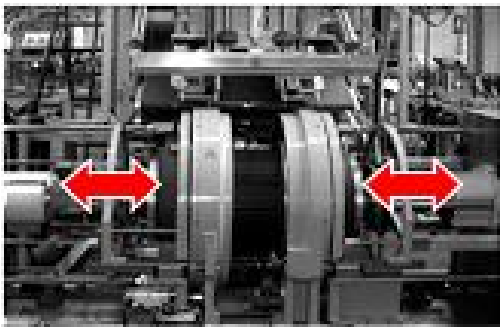


Рис. 6. Формирование каркаса

8) Резинокордная оболочка надувается, конусы формирования каркаса выезжают вперед и загибают стороны материала (рис. 7);
9) Конусы формирования каркаса заезжают назад (рис. 7);
10) Из резинокордной оболочки удаляется воздух;
11) Сдвижной ящик движется назад, правый держатель резинокордной оболочки перемещается назад (рис. 8).

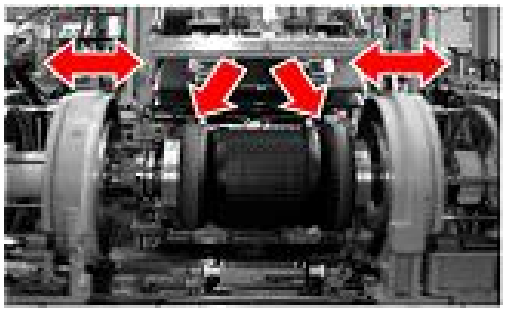


Рис. 7. Надув резинокордной оболочки

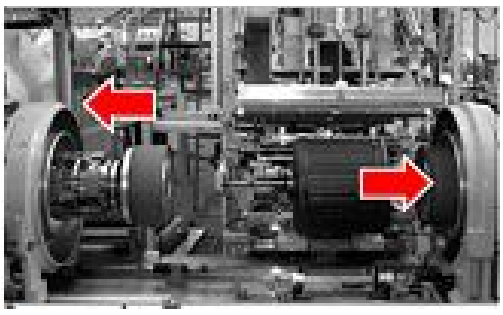


Рис. 8. Перемещение в начальное положение

Компьютерная модель работы пневмопривода

Проектирование пневматических систем циклического действия подразделяется на этапы алгоритмического, логического и технического проектирования.

На этапе алгоритмического проектирования осуществляется формализация словесного описания решаемой задачи.

На этапе логического проектирования по разработанному алгоритму функционирования системы составляется ее функциональная структура.

Выбор элементарной базы, расчет силовых и скоростных характеристик исполнительных механизмов (пневмоцилиндров), проходных сечений устройств и энергетических каналов, а также составление принципиальной схемы пневмосистемы проводятся на этапе технического проектирования.

На стадии проектирования для обозначения указанных элементов и перемещений исполнительных механизмов используется буквенно-цифровая индикация, указанная в таблице 1.

Таблица 1. Буквенно-цифровая индикация

Индикация	**Элемент или перемещение**
A, B, C, D, E	Пневмоцилиндры (ПЦ)
A1, B1, C1, D0, E0	Концевые выключатели, фиксирующие выдвинутое положение штоков ПЦ
A0, B0, C0, D1, E1	Концевые выключатели, фиксирующие втянутое положение штоков ПЦ
A+, B+, C+, D+, E+	Выдвижение штоков пневмоцилиндров A, B, C, D, E
A-, B-, C-, D- , E-	Втягивание штоков пневмоцилиндров A, B, C, D, E

Для циклических систем характерным является пошаговое выполнение алгоритма функционирования, т.е. последующая технологическая операция может начать выполняться только после окончания предыдущей. Под шагом понимают процесс смены одного опрашиваемого концевыми выключателями положения исполнительного механизмы в другое.

Алгоритмическое проектирование

На основе описания процесса производится алгоритмическое проектирование. Изображение последовательности срабатывания исполнительных механизмов представлено графически в виде циклограммы на рисунке 9. Слева от каждой строки диаграммы проставляется индикация устройств ПЦ A, B, C, D, E, изменение состояний которых обозначено, а также состояние концевых выключателей, дающих информацию о состоянии исполнительных механизмов (0 или 1). Над верхней строкой диаграммы проставляется цифровая индикация последовательных состояний устройств системы перед и после каждого шага.

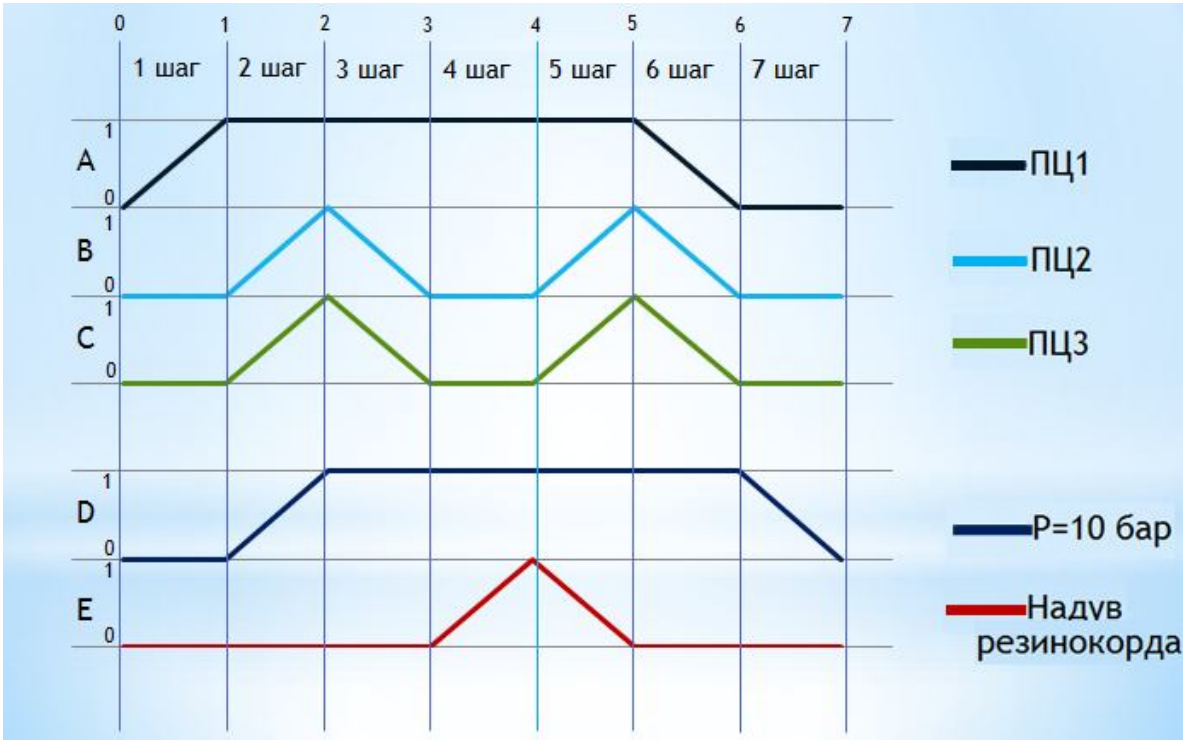


Рис. 9. Циклограмма работы станка

Логическое проектирование

На основе разработанного алгоритма проводится логическое проектирование, включающее в себя составление логических уравнений. В правой части уравнения записывается символ действия, которое должно произойти на данном шаге, а в левой – логические связи сигналов от кнопок и датчиков конечного положения, вызывающих это действие.

Для рассматриваемой задачи уравнения, описывающие стартовое состояние каждого шага, выглядят следующим образом:

1-й шаг: S*A0= A+

2-й шаг: A1= B+, C+, D+

3-й шаг: B1*C1= B-, C-

4-й шаг: B0*C0= E+

5-й шаг: E1= B+, C+, E-

6-й шаг: B1*C1*E0= A-,B-,C-

7-й шаг: A0*B0*C0= D-

Техническое проектирование

Для рассматриваемой задачи возьмем за основу исполнительной подсистемы пневмоцилиндры двухстороннего действия с управлением от дискретных распределителей с возвратной пружиной; пневмоцилиндры с возвратной пружиной, имитирующие в модели процесс надува резинокордной оболочки и расширения барабана; клапаны «ИЛИ». Тогда принципиальная пневмосхема станка, отрабатывающая заданную циклограмму и составленная по полученным логическим уравнениям, будет иметь вид, представленный на рисунке 10.

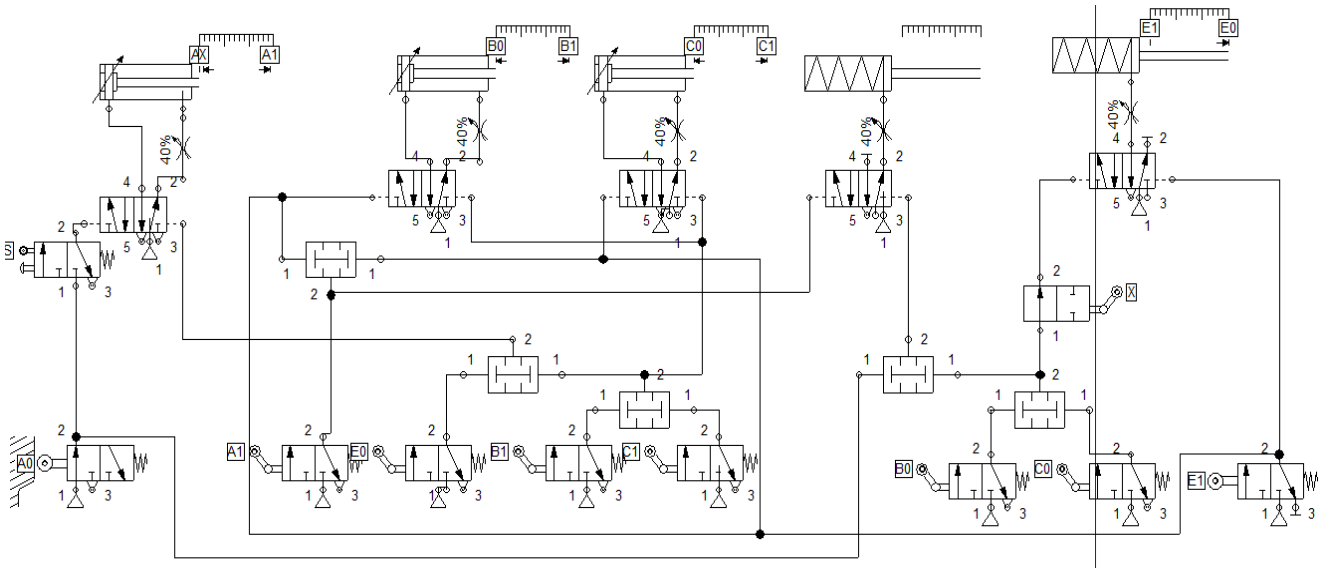


Рис. 10. Принципиальная пневматическая схема, разработанная в программе FluidSim

Разработка устройства торможения для сдвижного ящика

Торможение сдвижного ящика ПЦ 1 в составе станка (рис. 11) осуществляется одним дросселем, имеющим постоянную площадь (рисунок 12)., поэтому торможение происходит с небольшим ударом. Данный вид торможения может быть осуществлен только с использованием дополнительных демпфирующих устройств, гасящих энергию удара, иначе будет иметь место быстрый износ оборудования.

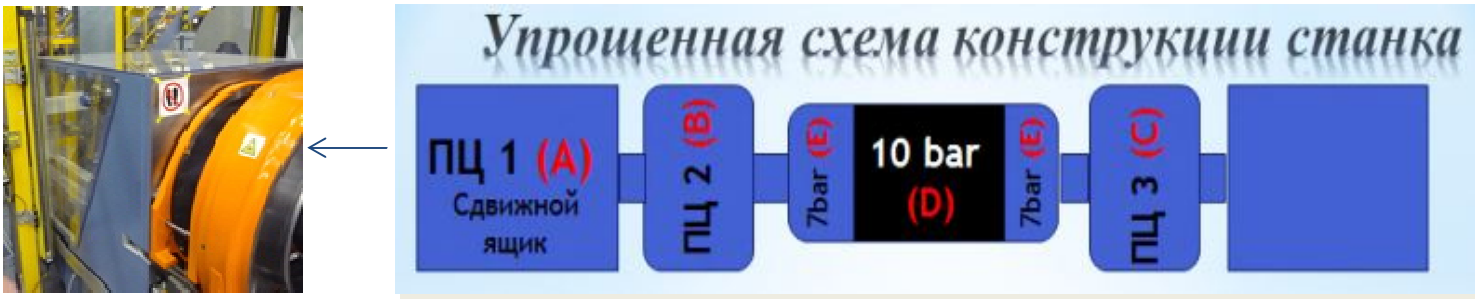


Рис. 11. Упрощенная принципиальная схема станка; сдвижной ящик в составе станка

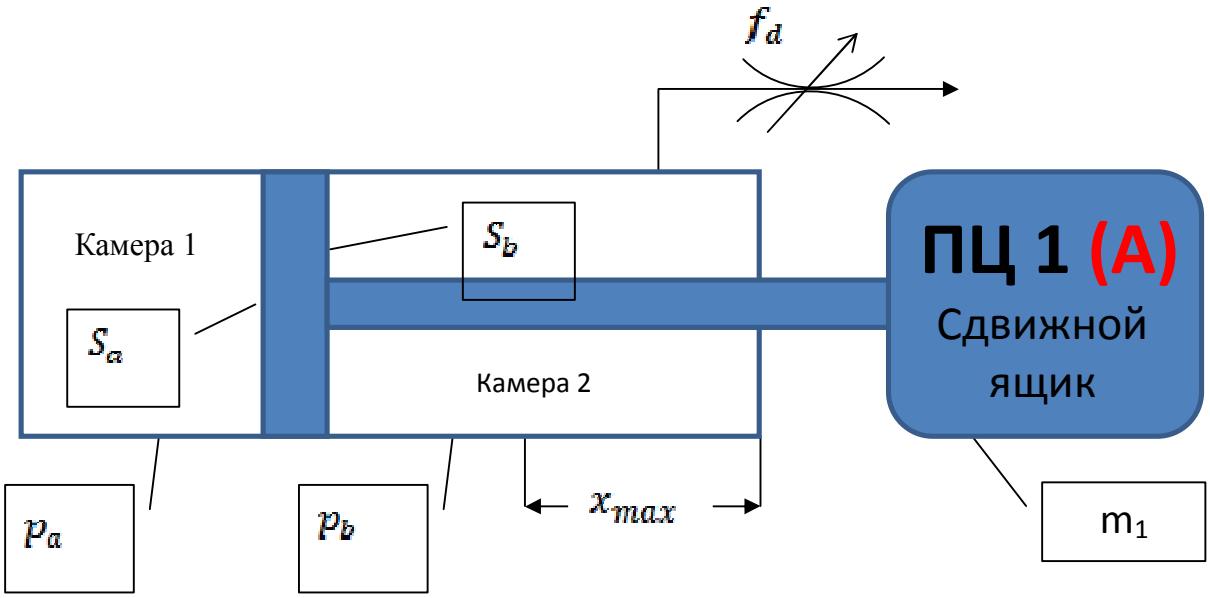


Рис. 12. Схематическая модель пневмопривода

Зададимся следующими параметрами:

$p_a = 5 \cdot 10^5 Па$ –давление нагнетания (давление в камере 1)

p_b – противодавление (давление в камере 2)

$x_{max} = 10мм$ – расстояние от начала торможения до стенки цилиндра

f_d – площадь дросселя

$m_1 = 700$ кг – масса сдвижного ящика

S_a – площадь поршня в камере 1

S_b – площадь поршня в камере 2 (без учета S штока)

d = 36мм – диаметр штока

D = 135мм – диаметр поршня

$V_0 = 0.4$ м/с – начальная скорость поршня $S_b := \pi \frac{\left[(D)^2 - d^2\right]}{4} = 0.013\,m^2$

Вывод закона зависимости площади дросселя от перемещения

Рассчитаем площадь поршня S_a в камере 1 и площадь поршня S_b в камере 2 исходя из заданных значений по формулам площади (1):

$$S_a = \frac{\pi D^2}{4} = 0.014\ m^2 \qquad (1)$$

Запишем уравнение движения поршня в пневмоцилиндре, пренебрегая силой трения и весом поршня:

$$m\ddot{x} = p_a S_a - p_b S_b \ (2)$$

С учетом того, что $\ddot{x} = a - $ постоянное ускорение, где $a = \frac{v_0^2}{2x_{max}} = -8$м/с^2 .

Ускорение отрицательное, так как движение равнозамедленное (ускорение противоположно направлено скорости).

Из уравнения движения (2) поршня находим давление p_b в камере 2:

$$p_b = \frac{p_a S_a - m\ddot{x}}{S_b} = 9.5 \cdot 10^5\ \text{Па} \qquad (3)$$

1) Для вывода закона зависимости площади дросселя от перемещения примем давление p_bпостоянным, так как ускорение $a = const$

По данной формуле рассчитывается давление в камере 2:

$$p_b = \frac{{S_b}^2 \cdot v^2 \cdot \rho_{\text{воздуха}}}{2 \cdot \mu^2 \cdot {f_{\text{дросселя}}}^2}; \qquad (4)$$

учитывая, что коэффициент расхода $\mu = 0.62$

Для того чтобы рассчитать плотность воздуха ($\rho_{\text{воздуха}}$) в камере 2 при давлении p_b воспользуемся формулой, выраженной из уравнения Менделеева-Клапейрона:

$$\rho_{\text{воздуха}} = \frac{p_b \cdot M}{R \cdot T} \qquad (5)$$

$M = 29 \cdot 10^{-3}$ кг/моль – молярная масса воздуха,

$p_b = 10.5 \cdot 10^5$ – противодавление,

$R = 8.31$ Дж/кг · моль – универсальная газовая постоянная,

$T = 293\ K$ – абсолютная температура.

Подставив в формулу все значения, легко подсчитать, что при данном значении противодавления, $\rho_{\text{воздуха}} = 12.5$ кг · м$^{-3}$

2) Из уравнения (4) выразим $f_{\text{дросселя}}$ и запишем закон изменения площади дросселя от

перемещения с учетом того, что $x = x_0 - S$, где $S = \frac{v_0^2}{2a}$

$$f_d(x) = \sqrt{\frac{S_b^2 \cdot [(x_0 - x) \cdot 2a] \cdot \rho_{воздуха}}{2 \cdot p_b \cdot \mu^2}} \quad (6)$$

Графическое отображение данной функции представлено на рисунке 13.

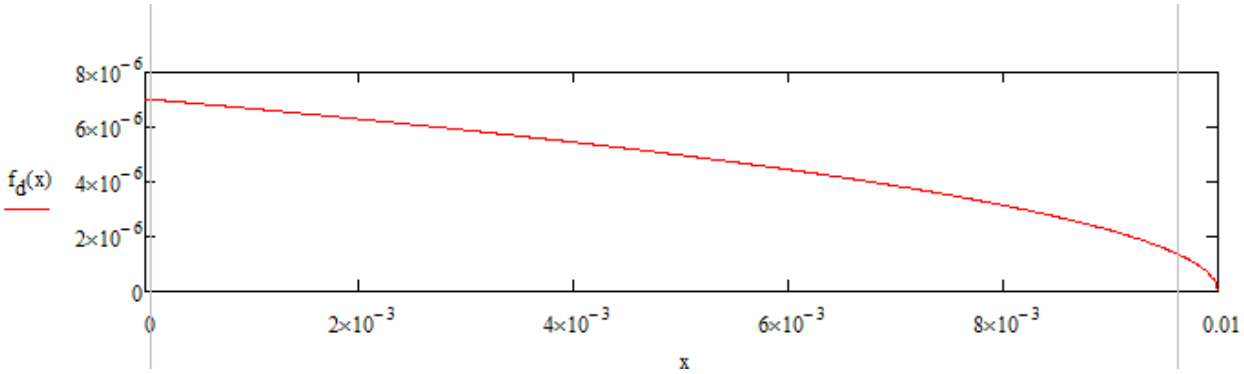


Рис. 13. График закона зависимости площади дросселя от перемещения

График показывает как меняется площадь дросселя от начального значения $7*10^{-6}$ м^2 до конечного 0 м^2 за 10 мм.

Для того чтобы убедиться, работает ли данный закон и тормозится ли груз на заданном расстоянии $x_{max} = 10мм$, был выведен график перемещения от времени x(t), представленный на рисунке 14.

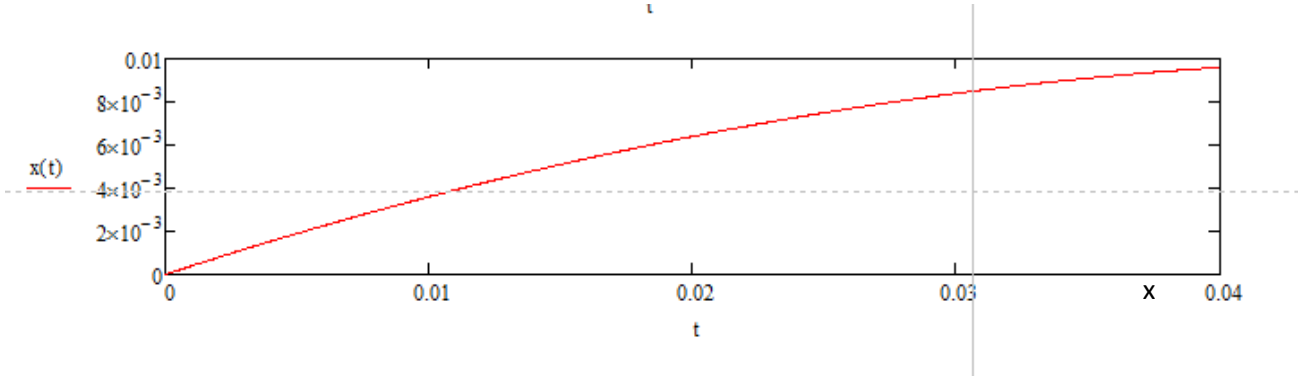


Рис. 14. График перемещения поршня от времени x(t)

Из графика видно, что груз тормозится точно на заданном расстоянии и можно сделать вывод, что торможение в рамках принятых допущений, осуществляется эффективно и происходит практически без удара.

Проверка эффективности устройства торможения на имитационной математической модели

Выведенный закон был подставлен в математическую модель, разработанную на кафедре «Гидромеханика, гидромашины и гидропневмоавтоматика» в программе MATLAB.

Результаты исследования на математической модели функциональности торможения пневмопривода при постоянном значении площади дросселя.

На рисунке 15 представлен график перемещения поршня от времени при постоянном значении площади дросселя. Торможение дросселем происходит за период времени 0.026 сек., причем скорость стремительно падает, затем происходит удар о стенку со скоростью $V = 0.425$ м/с.

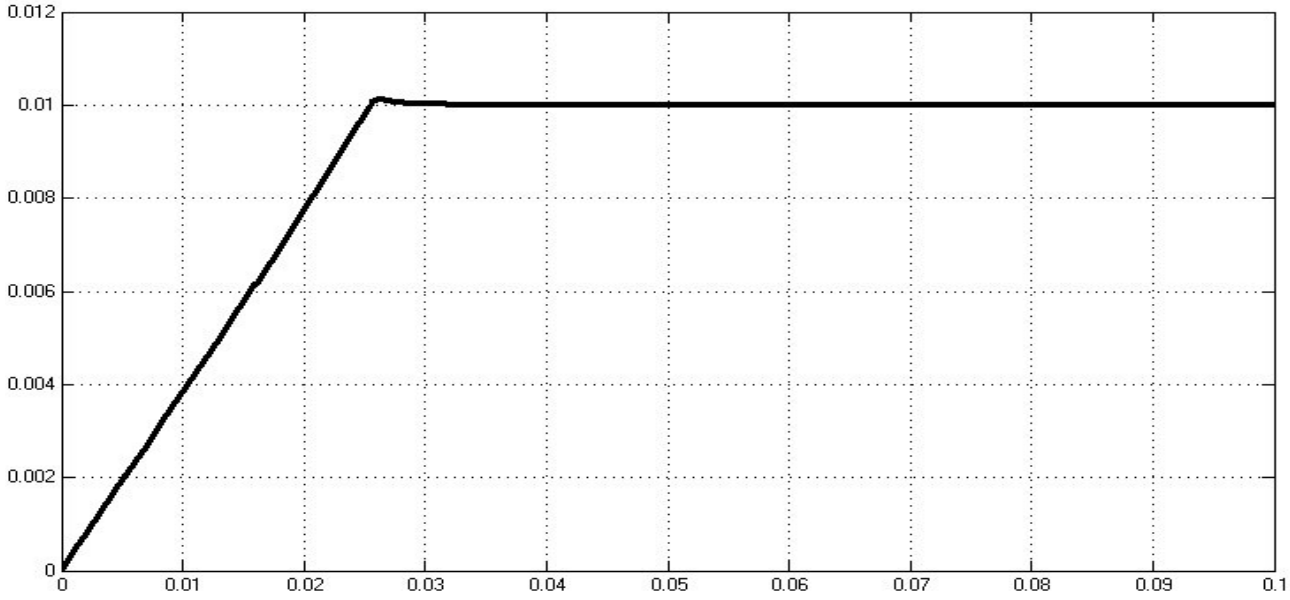


Рис. 15. График перемещения поршня от времени при постоянном значении площади дросселя

График зависимости скорости от времени при постоянном значении площади дросселя представлен на рисунке 16.

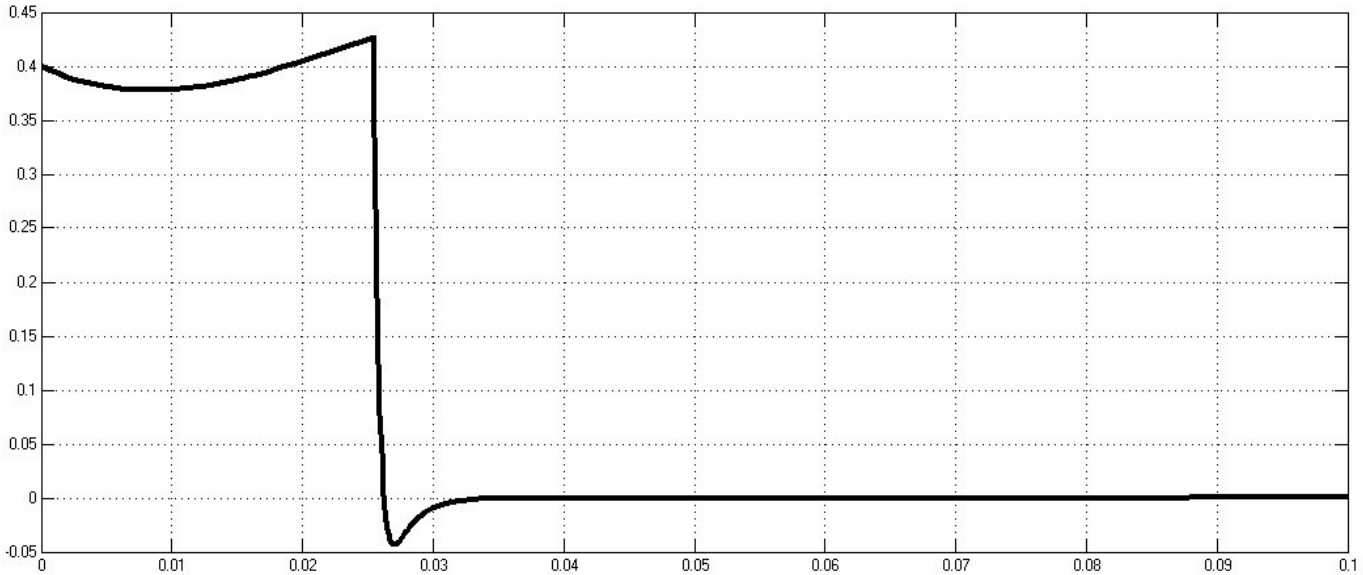
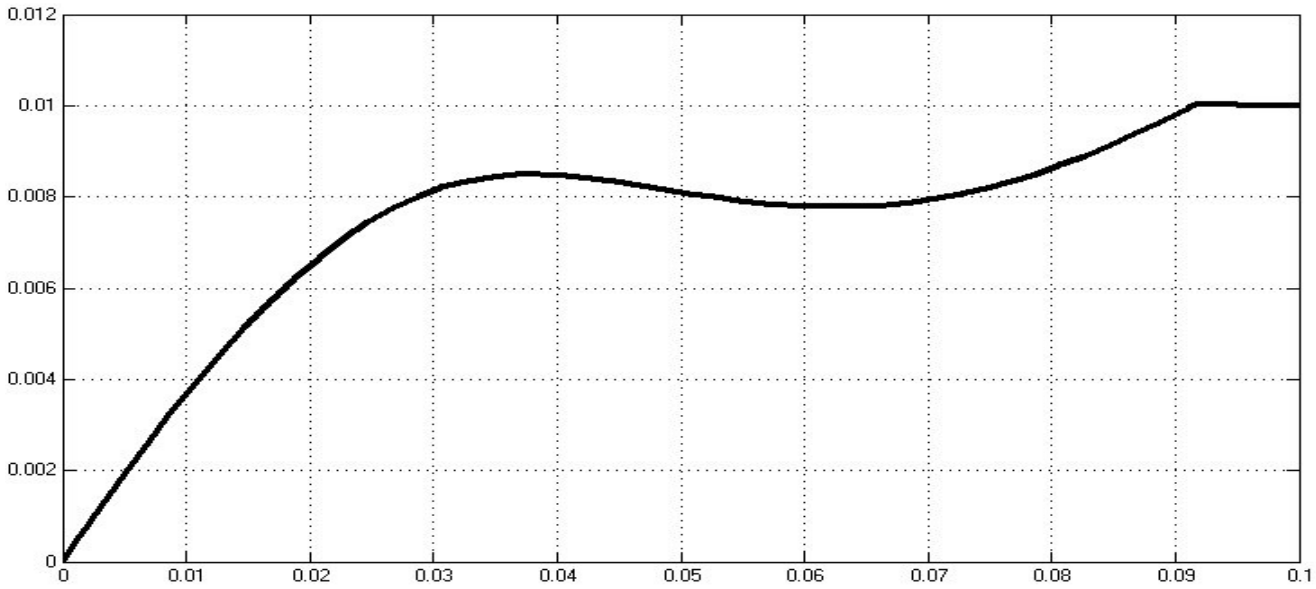


Рис. 16. График зависимости скорости от времени при постоянном значении площади дросселя

Результаты исследования на математической модели функциональности торможения пневмопривода при изменяющемся значении площади дросселя

На рисунке 17 представлен график перемещения поршня от времени при изменяющемся значении площади дросселя. Торможение дросселем происходит за 0.09 сек., причем скорость падает плавно, удар



о стенку происходит со скоростью $V = 0.15$ м/с.

Рис. 17. График зависимости перемещения поршня от времени при изменяющемся значении площади дросселя

График зависимости скорости от времени представлен на рисунке 18.

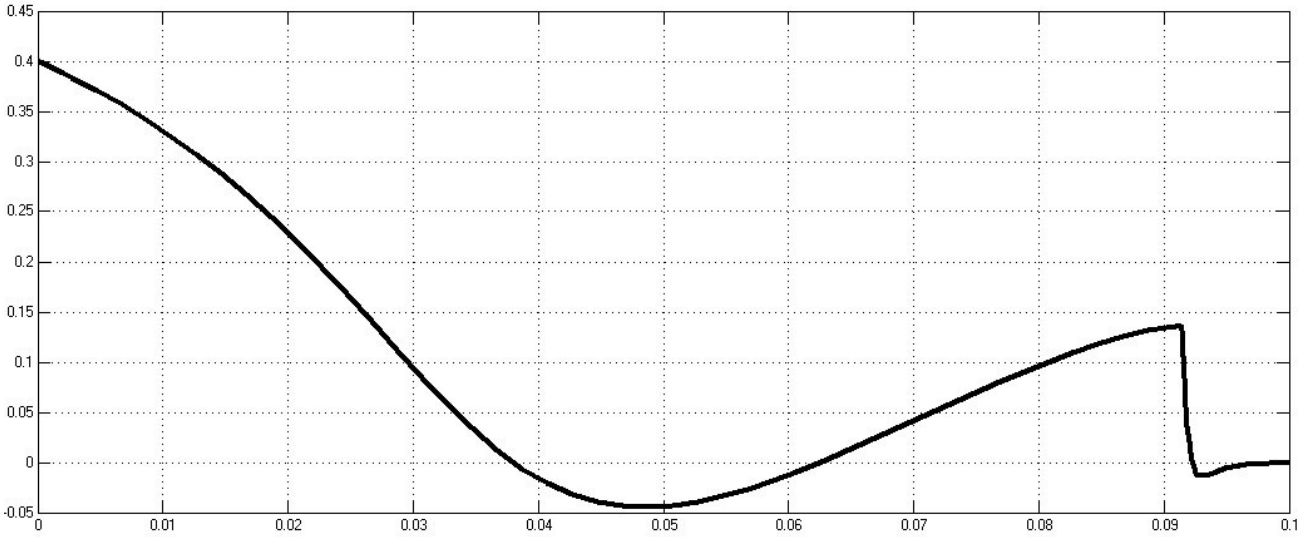


Рис. 18. График зависимости скорости от времени при изменяющемся значении площади дросселя

Исследование показало, что скорости, с которыми поршень ударяется о стенку в первом и во втором случае, различаются в 2.83 раза. Подставив найденные скорости в формулу кинетической энергии ($E_{кин} = \frac{m \cdot v^2}{2}$), можно убедиться, что энергия, выделившаяся в результате удара поршня о стенку после

торможения дросселем с постоянным значением, будет в 8 раз больше, чем энергия, выделившаяся после торможения дросселем с изменяющемся значением.

Таким образом, моделирование показало эффективность разработанного тормозного устройства, а также значительное влияние сжимаемости рабочего тела (воздуха) на динамику торможения.

Конструктивная модель пневмопривода с изменяющейся площадью дросселя

Предложенный вариант модели устройства торможения представлен на рисунке 19.

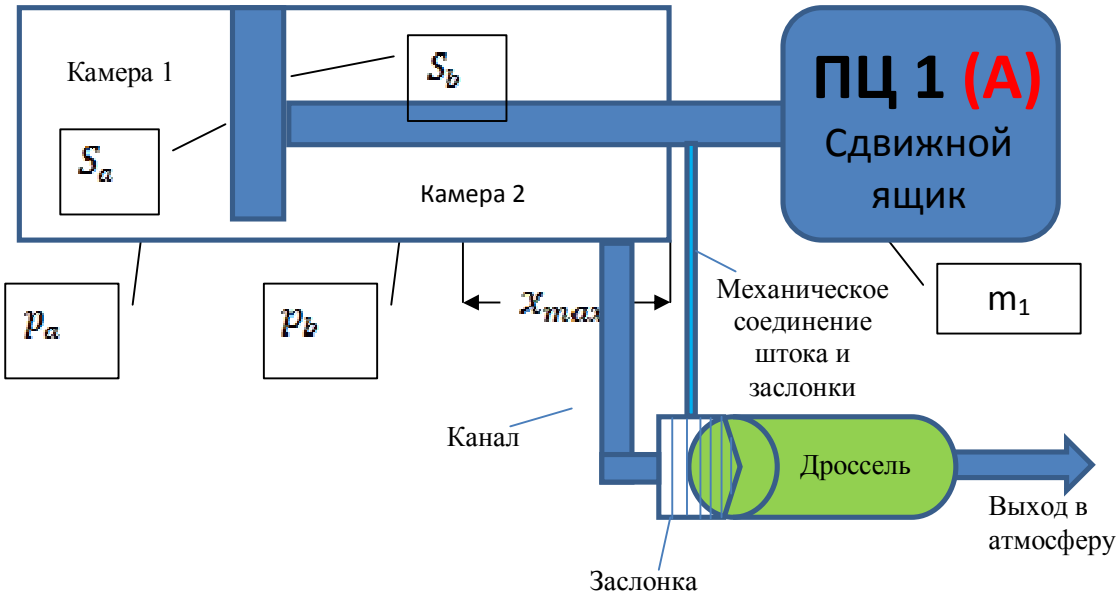


Рис. 19. Модель пневмопривода с изменяющейся площадью дросселя

Принцип действия данной модели заключается в следующем: по мере движения поршня в пневмоцилиндре заслонка, соединенная механическим образом со штоком пневмоцилиндра, уменьшает площадь дросселирующего отверстия. Выведенный закон изменения площади задается путем профилирования заслонки.

Выводы

1) Была изучена конструкция и выделены основные узлы, влияющие на эксплуатационные качества станка.
2) Разработана упрощённая пневматическая схема, позволяющая реализовывать основные функции станка.
3) Разработана упрощенная математическая модель работы пневмопривода для синтеза устройства плавного торможения.
4) Эффективность работы устройства плавного торможения проверена на имитационной математической модели.
5) Предложена конструктивная схема тормозного устройства пневмоцилиндра.

ЛИТЕРАТУРА

1. Основы проектирования циклических пневмосистем: Методические указания к лабораторной работе «Проектирование пневмосистем циклического действия» по курсу «Пневматические средства автоматики». М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1997. 16 с. Гаврюшина О.С., Ефремова К.Д., Наземцев А.С.
2. Физика. 11 класс. Учебник. Глазунов А.Т., Кабардин О.Ф., Малинин А.Н., 12-е изд. — М.: Просвещение, 2011
3. Гидравлика, гидромашины и гидроприводы. Башта Т.М., Руднев С.С., Некрасов Б.Б. , Учебник для машиностроительных вузов. 2-е изд., перераб. - М.: Машиностроение, 1982.

СЕКЦИЯ IX. АВТОМАТИЗАЦИЯ, РОБОТОТЕХНИКА И МЕХАНИКА

Построение математической модели движения мяча, брошенного вертикально вниз, и реализация данной модели с помощью программы на СИ++ в MS VISUAL STUDIO

ФЕЛЬДМАН Эмилий Олегович
г. Москва, лицей № 1580, 11класс

Научный руководитель:
Маничев Владимир Борисович,
к.т.н., доцент кафедры
«Системы автоматизированного проектирования»
МГТУ им. Н.Э. Баумана

Введение. Целью настоящей работы является построение математической модели движения мяча, брошенного вертикально вниз, и реализация данной модели с помощью программы на Си++ в среде MS Visual Studio.

Актуальность работы заключается в том, что математическое и компьютерное моделирование на сегодняшний день являются мощным и эффективным инструментом познания окружающего нас мира и решения сложных научно-технических задач.

Постановка задачи. Постановка задачи состоит в построении математической модели движения мяча, брошенного вертикально вниз, и реализация данной модели с помощью программы на Си++ в MS Visual Studio. При этом построенная модель должна в зависимости от входных данных определять параметры состояния мяча в любой момент времени и отображать результаты моделирования в виде таблицы, текстового файла, а также визуализировать их графически с возможностью масштабирования.

Построение математической модели.

Математическая модель представляет собой приближенное описание исследуемого процесса на языке математики с требуемой достоверностью и точностью.

Предварительно исследуемый процесс описывается в терминах естественнонаучных дисциплин (в данном случае физики) с выделением только тех его свойств, которые являются существенными с точки зрения поставленной цели, и указанием принимаемых для моделирования допущений и граничных условий.

В настоящей работе построение «естественнонаучной» модели выполнено с применением фундаментальных законов механики. При этом были определены следующие действующие на мяч силы: сила тяжести, сила внутреннего трения (сопротивления) и сила Архимеда (рис. 1).

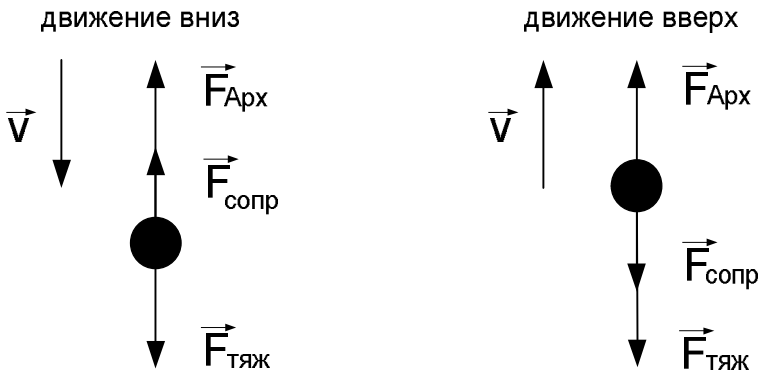


Рис. 1. Схема действия сил

На основании второго закона Ньютона для описания моделируемого процесса движения мяча было получено следующее выражение:

$$\vec{a}(t) = \frac{m\vec{g} - \alpha\vec{v}(t) - \beta\vec{v}(t)|\vec{v}(t)| - V\rho\vec{g}}{m}, \qquad (1)$$

где m, $\vec{v}$, V - масса, скорость и объем мяча, α, β– коэффициенты, зависящие от свойств среды, формы и размера тела, ρ – плотность среды, $\vec{g}$ – ускорение свободного падения, t – время.

Для перевода «естественнонаучной» модели на язык математических отношений были использованы обыкновенные дифференциальные уравнения (ОДУ).

Учитывая, что координата тела y есть функция от времени, скорость v – производная координаты по времени, ускорение a – производная скорости по времени, на основе формулы (1) получаем математическую модель движения мяча в форме систем ОДУ первого порядка, разрешенных относительно производной:

Движение направлено вниз против направления оси y (падение):

$$\begin{cases} \frac{dv}{dt} = \frac{mg - \alpha v(t) - \beta v^2(t) - V\rho g}{m} \\ \frac{dy}{dt} = -v(t) \end{cases} \qquad (2)$$

Движение направлено вверх и совпадает с направлением оси y (взлет):

$$\begin{cases} \frac{dv}{dt} = \frac{-mg - \alpha v(t) - \beta v^2(t) + V\rho g}{m} \\ \frac{dy}{dt} = v(t) \end{cases} \qquad (3)$$

Начальными условиями для обеих систем являются значения координаты мяча и его скорости в начальный (для каждого участка движения вниз или вверх) момент времени t_0: $v(t_0) = v_0$, $y(t_0) = y_0$. Процесс движения мяча рассматриваем на отрезке времени $[0; t_k]$.

Таким образом, математическая модель исследуемого процесса свелась к задаче Коши для систем ОДУ первого порядка с заданными начальными условиями.

Для полученной модели был выполнен ряд проверок (на схождение размерностей в обеих частях уравнений, сравнение количества искомых параметров с количеством уравнений), позволяющий предварительно сделать вывод о ее корректности.

Метод Эйлера

Решением задачи Коши является единственная функция, график которой называется интегральной кривой и проходит через точку, соответствующую начальному условию.

В данной работе для решения полученных на этапе математического моделирования дифференциальных уравнений был использован явный одношаговый метод Эйлера, основанный на замене неизвестной интегральной кривой кусочно-линейной функцией (рис. 2).

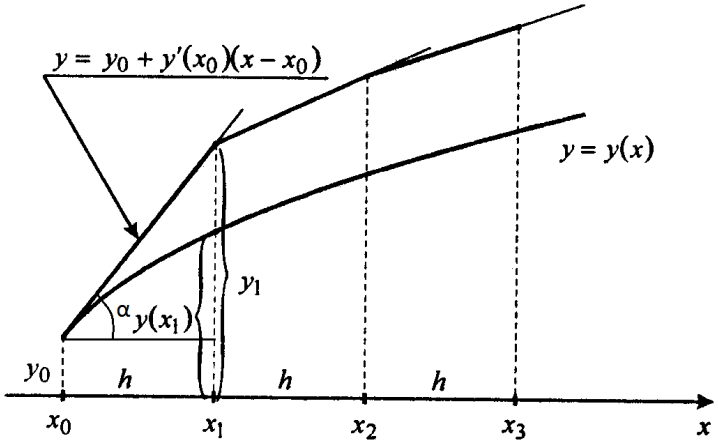


Рис. 2. Геометрическая интерпретация метода Эйлера

Основная расчетная формула метода Эйлера для нахождения приближенного значения функции в каждой следующей точке:

$$y_{i+1} = y_i + hf(x_i, y_i), \qquad (4)$$

где n - количество разбиений отрезка, $i = \overline{0, n}$, h- шаг интегрирования.

Для оценки и контроля локальной погрешности метода Эйлера, возникающей на каждом шаге, используется правило Рунге. Согласно этому правилу задача сначала решается на сетке с шагом h, а затем с шагом $h/2$. Вычисления продолжаются до тех пор, пока относительная погрешность на каждом шаге не станет меньше или равна заданному значению относительной погрешности.

Выбранный численный метод Эйлера не обладает очень высокой точностью, но является наиболее изученным и простым, а его принципы лежат в основе многих других методов, применяемых на практике.

Описание программной реализации

Эффективное решение ОДУ численными методами возможно только при помощи вычислительной техники. Для программной реализации построенной математической модели были выбраны среда разработки Microsoft Visual Studio 2008 Professional Edition и язык Си++ с библиотекой классов MFC.

При выполнении работы была разработана структура программы, составлены алгоритмы решения и создано MFC - приложение на основе диалогового окна.

Взаимодействие между объектами в структуре программы отражено на рис. 3.

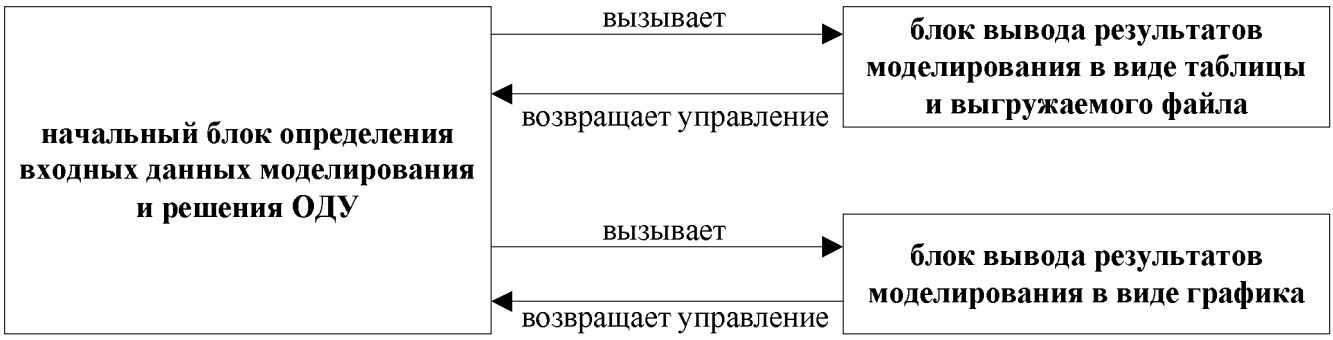
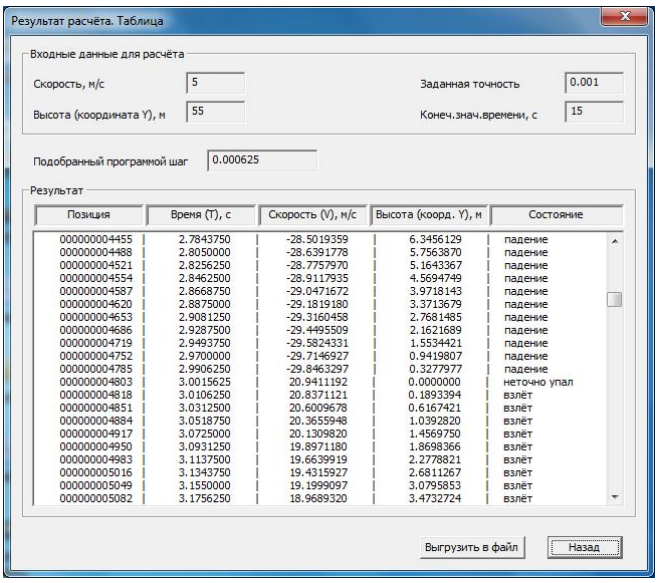
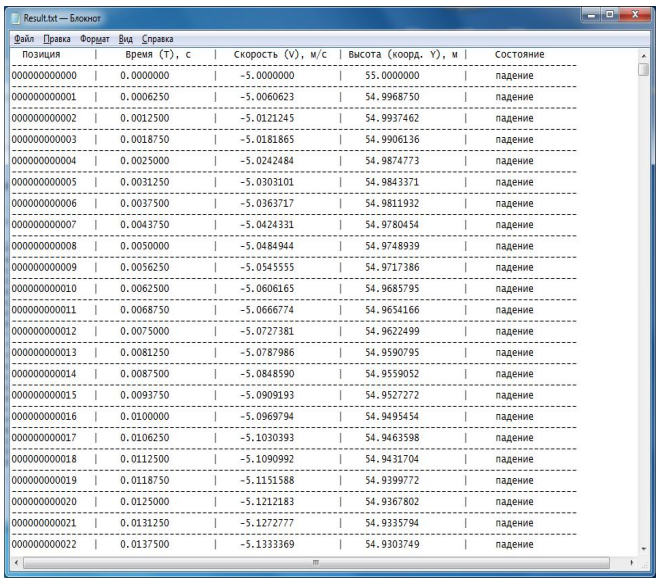


Рис. 3. Схема взаимодействия объектов в программе

Для разработанной программы было проведено тестирование на соответствие её требованиям постановки задачи с учетом принятых допущений и граничных условий. На рис. 4 представлены экраны вывода результатов моделирования - в таблицу, текстовый файл и в виде графика с масштабированием.





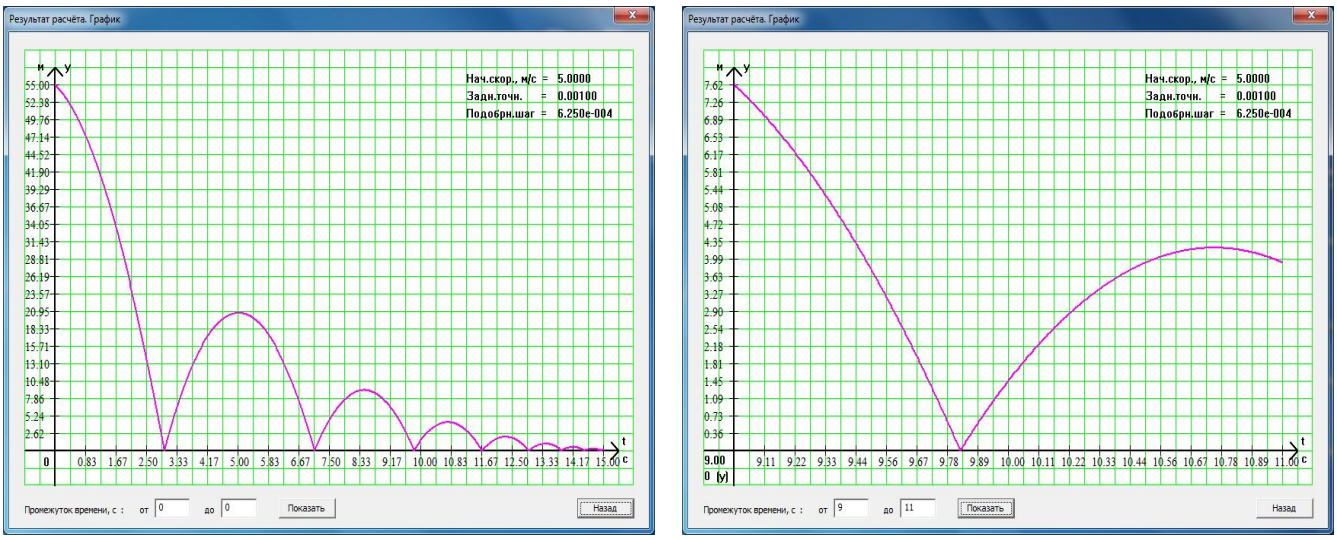


Рис. 4. **Результаты работы программы**

Исследование достоверности и точности модели, проведение испытаний

Исследование достоверности и точности модели является крайне важным этапом, так как только достоверную модель можно использовать для изучения заданного процесса.

В настоящей работе данное исследование было выполнено путем сравнительного анализа результатов программы с решением, полученным аналитически. Дополнительно в анализ были включены значения, рассчитанные с использованием средств пакета Mathcad.

В итоге был сделан вывод о том, что относительная погрешность находится в пределах заданного уровня точности (10%) и, следовательно, построенную модель можно считать достоверной.

После подтверждения достоверности модель можно использовать для изучения заданного процесса.

При выполнении настоящей работы для проведения экспериментов были подобраны такие входные данные, для которых поведение процесса является общеизвестным. В результате экспериментов было получено дополнительное подтверждение правильности разработанной модели и возможности ее использования для дальнейшего исследования заданного процесса.

Выводы.

Итогом проделанной работы является построенная математическая модель движения мяча, брошенного вертикально вниз, и ее программная реализация на Си++ в среде MS Visual Studio.

При этом в ходе выполнения работы было сформировано представление об основах математического и компьютерного моделирования, изучены общие принципы решения ОДУ численными методами, а также возможности языка Си++ и основы объектно-ориентированного программирования. В результате проведенных исследований подтверждены достоверность и точность модели, а, следовательно, и возможность ее использования для изучения заданного процесса.

Разработанный в качестве описания к работе документ может использоваться в качестве учебного пособия. С помощью построенной модели может проводиться исследование рассматриваемого процесса.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ашихмин В.Н., Гитман М.Б, Келлер И.Э., Наймарк О.Б., Столбов В.Ю., Трусов П.В. Введение в математическое моделирование: учебное пособие. М.: Логос, 2005. 440 с.
2. Агафонов С.А., Герман А.Д., Муратова Т.В. Дифференциальные уравнения. М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2011. 352 с.
3. Маничев В.Б. Методы численного решения обыкновенных дифференциальных уравнений и линейных алгебраических уравнений с гарантированной достоверностью и точностью. Лекции по курсам «Основы автоматизированного проектирования, Численные методы» для специальности 2301040065 «Системы автоматизированного проектирования» кафедра РК6 (САПР) МГТУ имени Н.Э. Баумана [HTML] (http://pa10.ru/doc/manichev-oap-lection.pdf) (Дата просмотра 26.11.2013).
4. Страуструп Б. Язык программирования C++. М.: Бином, 2008. 1054 с.Stroustrup B. The C++ Programming Language. 3rd ed. Addison–Wesley, 1997. (Russ. ed.: Stroustrup B. Jazyk programmirovanija C++. Moscow, Binom, 2008. 1054 p.).
5. Пауэрс Л., Снелл М. Microsoft Visual Studio 2008. СПб.: БХВ-Петербург, 2009. 1200 с. Powers L., Snell M. Microsoft Visual Studio 2008 Unleashed. 1st ed. Sams Publishing, 2008. (Russ. ed.: Powers L., Snell M. Microsoft Visual Studio 2008. Petersburg, BHV-Peterburg, 2009. 1200 p.).

Исследование зависимости скорости звуковых волн в воздухе от температуры воздуха

ГОЛУБЯТНИКОВ Сергей Алексеевич,
г. Пенза, гимназия № 44,11 класс

Научный руководитель:
Кистанов Александр Васильевич,
г. Пенза, гимназия №44, учитель физики

Современная экспериментальная наука немыслима без современных средств и методик измерения, основу которых составляют компьютерные системы. В последнее время естественнонаучное направление школы получило возможность использовать в учебном процессе современные средства измерений физических параметров. Основу этих средств составляют различные датчики совместимые с компьютерной средой анализа «Logger Pro». Цель работы: исследовать зависимость скорости звука в различных средах от температуры окружающей среды (в данном случае в воздухе).

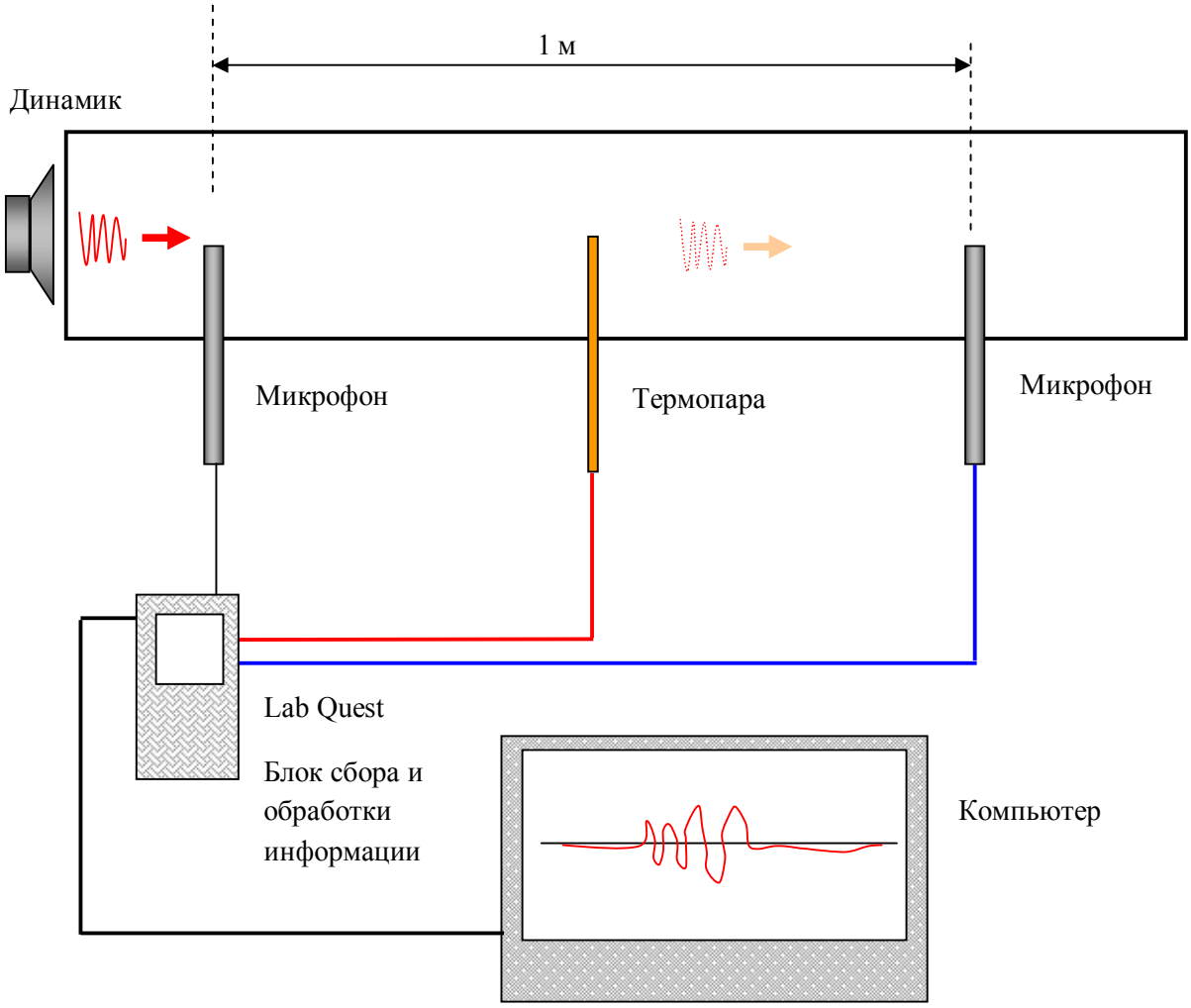


Рис. 1. Общая схема экспериментальной установки для определения скорости звука осциллографическим методом

Измерения скорости звука в работе выполнены по компьютерной осциллографической методике в двух вариантах: вариант регистрации короткого импульса и вариант непрерывного сигнала. Первый вариант в полной мере использует возможности системы в качестве электронного секундомера. Второй вариант (обычно его называют «методом фазы») эффективен только с использованием математики программы “Logger Pro”.

В работе экспериментально найдено влияние трубы (волновода) на скорость распространения звуковых волн (уменьшение скорости звука). Найденная в работе температурная зависимость скорости звука хорошо совпадает с зависимостью, определяемой формулой Лапласа.

Скорость звука измерялась в трубе диаметром 10 см. (рис. 1). В качестве нагревателя использовался комнатный обогреватель с феном. Температура измерялась термопарой. Расстояние между датчиками звука (микрофонами) было фиксированным и равнялось 1м.

Импульсный метод.

Сигнал (звуковой импульс), поданный динамиком, фиксируется первым (синим) микрофоном и затем микрофоном №2 (синий) (рис. 2). Затем измеряется время «запаздывания» звукового импульса (рис 3).

По времени «запаздывания» и расстоянию, которое проходит звуковой импульс, определяется скорость звука.

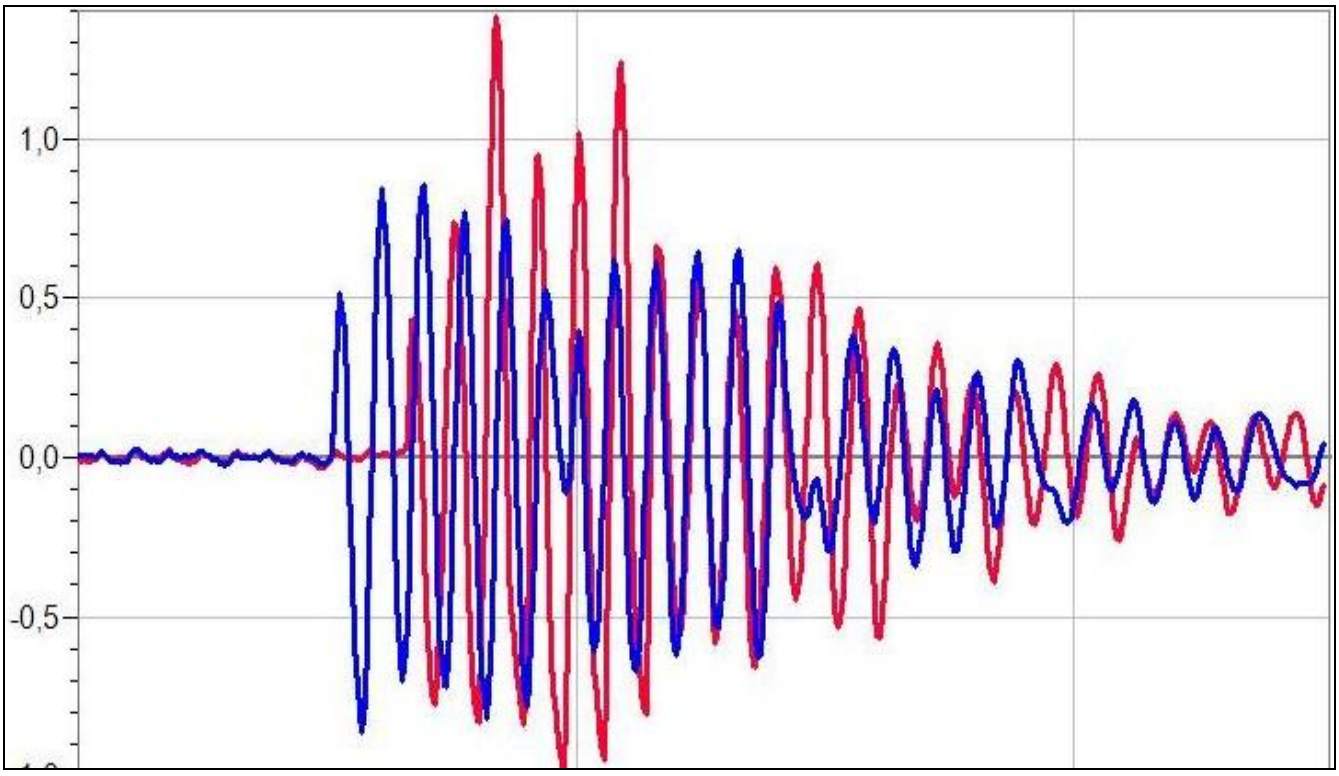


Рис. 2. Осциллограмма звукового импульса, измеренная двумя микрофонами. Синий цвет – ближний к источнику звука микрофон, красный цвет – микрофон «запаздывания»

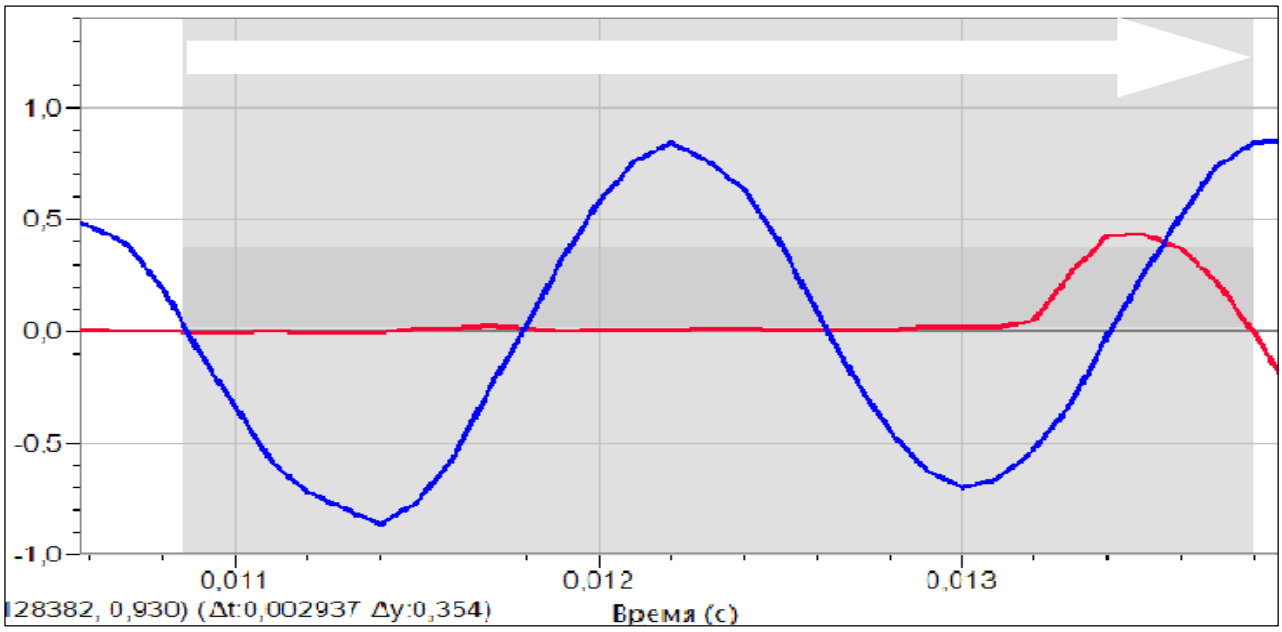


Рис. 3. Фронтальный (начальный) участок осциллограммы звукового импульса

Фоном выделен временной интервал запаздывания. Интервал измерен между задними фронтами первых пиков. В нижней строке графика выводится время «запаздывания». На данном слайде это время равно $\Delta t = 2{,}937 \cdot 10^{-3}$ c.

Фазовый метод

Сигнал (непрерывный), поданный динамиком, фиксируется микрофоном №1 (красный цвет) и затем микрофоном №2 (синий). Осциллограмма приведена на рис. 4.

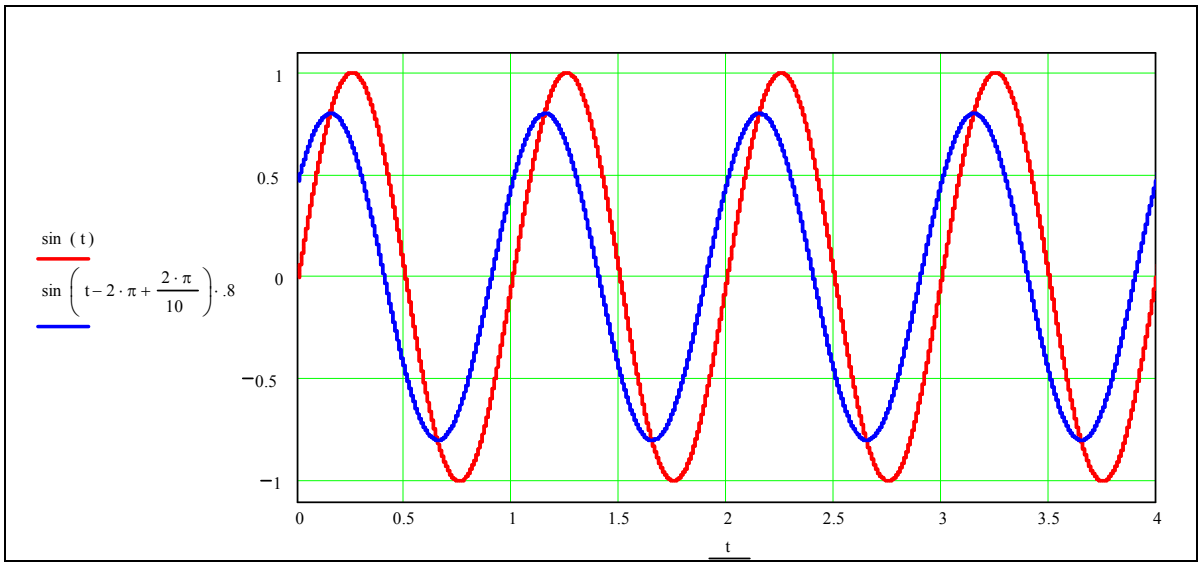


Рис. 4. Осциллограмма длительного звучания «динамика» записанная двумя микрофонами

На данном слайде сдвиг фаз между двумя колебаниями не кратен $2 \cdot \pi$. Подбором частоты добиваются сдвига фаз между двумя колебаниями равного $2 \cdot \pi$ (рис. 5).

Для данного сдвига фаз и расстояния между микрофонами в один метр частота сигнала должна быть равна:

$$\Delta\varphi = 2\pi f \cdot \frac{x}{v} = 2\pi \quad \rightarrow \quad f = \frac{v}{x} \approx 340 \text{ герц} \quad (1)$$

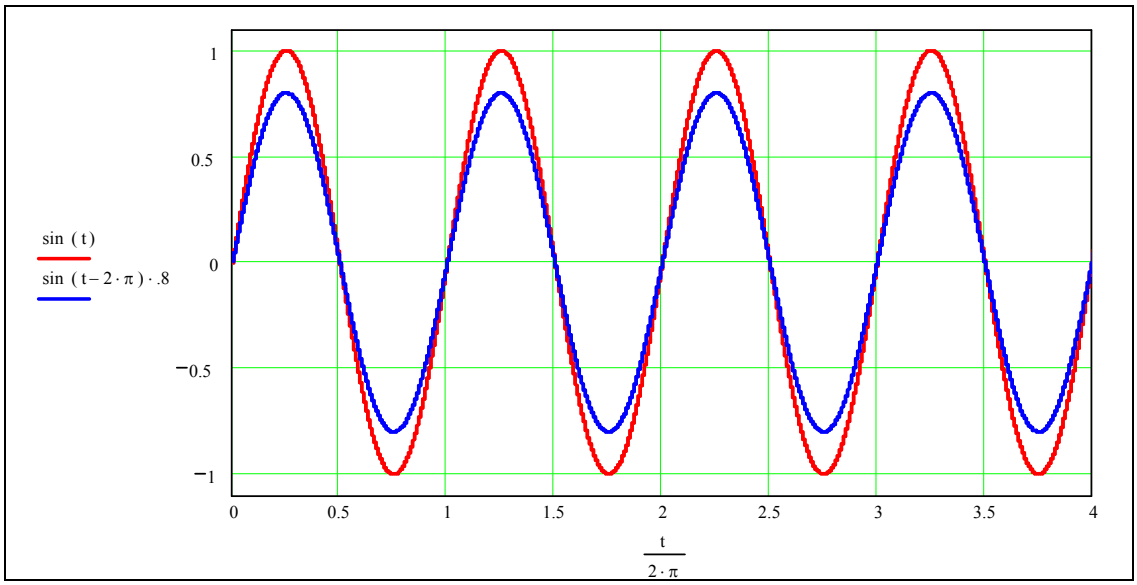


Рис. 5. Осциллограмма, соответствующая сдвигу фаз равному 2·π

«Встроенная» математика осциллограмм позволяет аппроксимировать полученные графики гармоническими функциями. Это позволяет с повышенной точностью определять частоту колебаний и сдвиг фаз между двумя колебаниями. Следующий модельный график иллюстрирует эту идею.

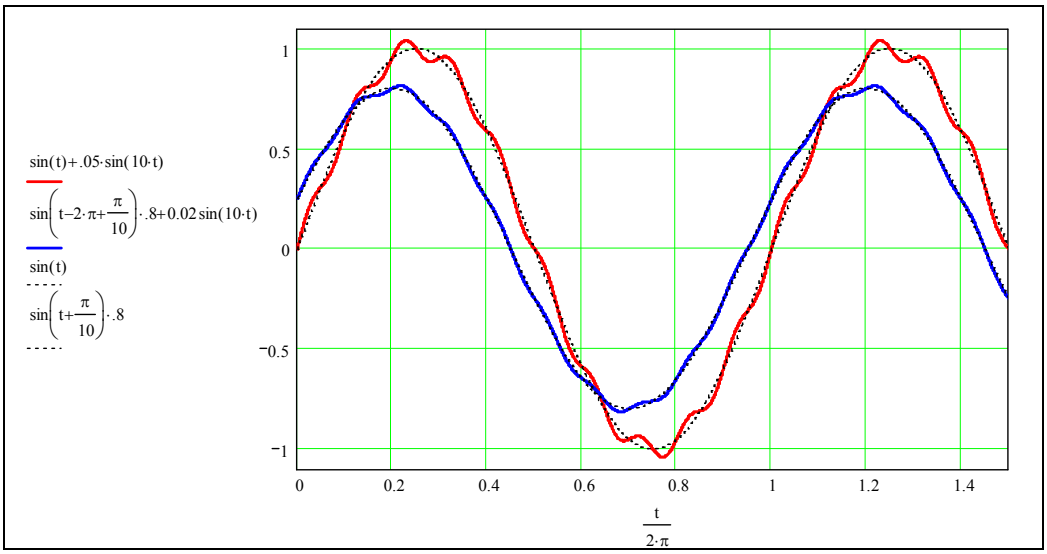


Рис. 6. График, иллюстрирующий аппроксимацию искаженных сигналов гармоническими функциями

При неточном сдвиге фаз в 2·π скорость звука вычисляется по формуле:

$$v = \frac{2\pi f \cdot x}{\Delta\varphi} \quad (2)$$

Экспериментальные данные по измерению скорости звука представлены в виде листингов MathCAD (а) (рис. 7). Каждая температурная точка измерялась три раза. В таблицах представлены усредненные результаты. В ходе эксперимента была выявлена зависимость показаний датчиков (микрофонов) от разности температур датчиков.

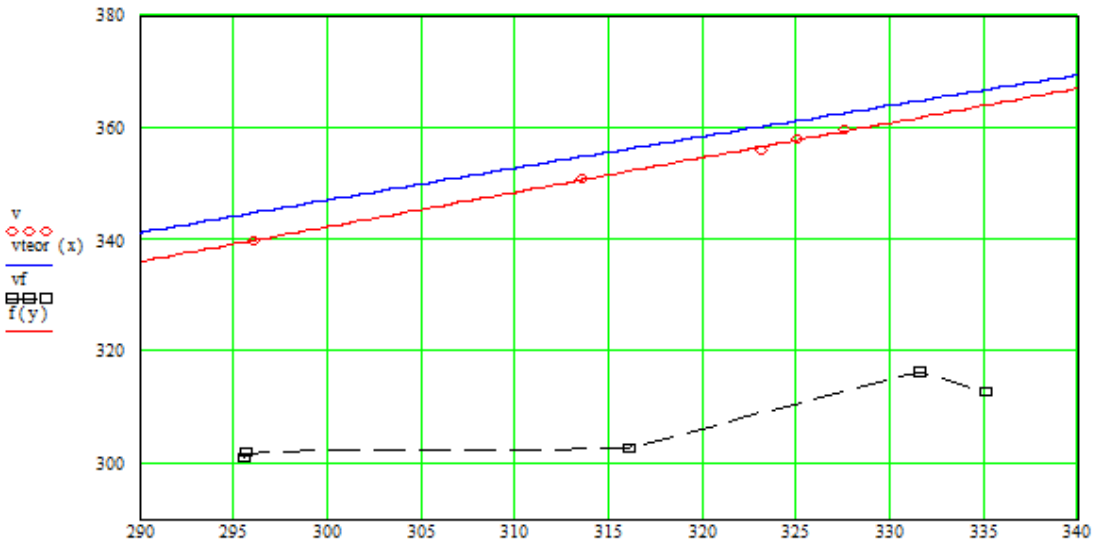


Рис. 7. Результаты измерений

Анализ возможных экспериментальных погрешностей.

Скорость звука в методе импульса вычисляется по формуле $v = \frac{L}{t}$. (3)

В соответствии с этой формулой относительная ошибка измерения скорости определяется формулой

$$\frac{\Delta v}{v} = \frac{\Delta L}{L} + \frac{\Delta t}{t}. \quad (4)$$

Погрешность длины (расстояния между датчиками) была определена в 1 см. Погрешность измерения времени при компьютерном осциллографировании была оценена в $3 \cdot 10^{-5}$ с.

Эти данные приводят к общей относительной ошибке измеряемой величины

$$\frac{\Delta v}{v} = \frac{1}{100} + \frac{3 \cdot 10^{-5}}{3 \cdot 10^{-3}} = 2 \cdot 10^{-2}. \quad (5)$$

В среднем скорость звука порядка 340 м/с. В соответствии с этим получаем оценку погрешности определения скорости звука

$$\Delta v = 340 \cdot 2 \cdot 10^{-2} = 6{,}8 \quad \rightarrow \quad 7 \quad \text{м/с}. \quad (6)$$

В стандартной записи экспериментальный результат может выглядеть в виде

$$v = (340 \pm 7) \quad \text{м/с} \quad (7)$$

На листинге представлены результаты двух методов измерения: импульсный метод (график красного цвета) и метод бегущей волны или метод фазы (прерывистая линия).

На данном листинге первая колонка данных относится к методу импульса. Время в миллисекундах. Последующие данные относятся к методу фазы.

На графике сплошная синяя линия синего цвета соответствует теоретической формуле Лапласа. Данные, обозначенные кружком на красной линии, соответствуют методу импульса. Экспериментальные данные, отмеченные квадратами на прерывистой линии, соответствуют методу фазы. Следует отметить хорошее совпадение угла наклона экспериментальной линии (метода импульса) с наклоном теоретической линии.

Отметим, что в измеренном диапазоне температур (20 – 60 С) изменение скорости звука составило 20 м/с. Это значение только в 3 раза больше погрешности измерения.

Собранная установка позволяет исследовать скорость звука не только в воздухе, но и в других средах. Например, жидкостях или металлах. Чем я сейчас и занимаюсь. Помимо этого так же наблюдать изменения скорости звука не только от температуры, но и от других параметров.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лабораторные занятия по физике. Под редакцией Л.Л. Гольдина, М., Наука, 1983, с. 208.
2. Знаменский П.А. Лабораторные работы в медицинских колледжах. – М.: Просвещение, 1989
3. Анциферов Л.И. Практикум по технике школьного эксперимента. – М.: просвещение, 1984
4. Н.М. Шахмаев Физический эксперимент в средней школе. – М.: Мнемозина, 2010
5. Евсюков А.А. Электронный осциллограф при изучении физики. – М.: Просвещение, 1972
6. Вавилов С.И. Исаак Ньютон. – М.: Наука, 1989.
2. Ковтунович М.Г. Домашний эксперимент по физике. - М., Владос, 2007.
3. Гринбаум М.И. Самодельные приборы по физике. М.: Просвещение, 1972.
4. Демонстрационный эксперимент по физике в средней школе/ Под ред. А.А. Покровского. – М.: Просвещение, 1979. – Ч 1, 2
5. Молотков Н.Я. Изучение колебаний на основе современного эксперимента. – Киев: Вища школа, 1988.
6. Шахмаев Н.М. Демонстрационные опыты по разделу «Колебания и волны». - М.: Просвещение, 1973
7. Шахмаев Н.М., Павлов Н.И. Демонстрационные опыты по разделу «Колебания и волны». - М.: Мнемозина, 2011.
8. Лабораторные занятия по физике. Часть 1. Методические указания к лабораторным работам по механике и молекулярной физике. Е. В. Маняшина. Тверь, 2005.
9. Описание лабораторных работ по физике. Измерительный практикум. Часть 2. Новосибирск: Изд-во, НГУ, 1999.
10. Хоменко С.В. Звуковые волны. Руководство по выполнению экспериментов. – М.: МГИУ, 2008. - 60с.

Подсистема повышения безопасности автотранспорта

БЕЛЯКОВ Андрей Александрович
г. Москва, ГОУ лицей № 1580,11 класс

Научный руководитель:
Жаргалова Аягма Дашибалбаровна,
старший преподаватель кафедры
«Компьютерные системы
автоматизации производства»
МГТУ им. Н.Э. Баумана

По статистике, причиной примерно 25% всех серьезных аварий на дорогах России является усталость водителя и, как следствие, засыпание за рулем. Наибольший риск засыпания наблюдается в дальних поездках, особенно в темное время суток и при монотонном движении по загородной дороге.

Наступление усталости происходит медленно, постепенно ослабляя способность полноценно управлять транспортным средством. Усталость снижает бдительность и внимание, что впоследствии может привести к аварийной ситуации. Практика показывает, что четыре часа непрерывного вождения снижают время реакции водителя в два раза, а через восемь часов — в шесть раз.

Именно поэтому разработка системы безопасности, которая контролирует состояние водителя и оповещает о наступлении усталости, в данный момент имеет большую актуальность.

Задачи и цели исследования. Основной целью научной работы является разработка новой системы контроля усталости водителя (СКУВ).

Для реализации такой системы необходимо решить следующие задачи:

- Описать концепцию новой системы;
- Создание структурной схемы СКУВ;
- Проанализировать и выбрать основные элементы (датчики);
- Разработать алгоритм работы программного обеспечения системы;
- Создать интерфейс программного обеспечения;
- Создать программный код на языке программирования Delphi.

Обзорная информация существующих систем.

В последнее время компаниями уделяется много внимания проблемам безопасности, а именно системам, позволяющим избежать транспортные происшествия: пассивные системы безопасности — это ремни на сидениях, подушки безопасности и другие — помогают уменьшить последствия аварии на дорогах. Помочь водителям избежать аварии и обеспечить безопасность помогает система выявления сонливости.

В ранних японских системах усталость водителя определялась слежением за мимикой лица и поведением глаз. Анализируя картинки, был применен активный алгоритм, позволяющий зафиксировать изменения на лице: такие как степень закрытия глаз, продолжительность закрытия глаз, активность зрачков, частота моргания и другие.

LS801 — русская инновационная интеллектуальная система, являющаяся аналогом корейских и японских разработок. Система не дает заснуть водителю, если замечает, что веки водителя немного опускаются или автомобилист едет, не глядя вперед, и зрение рассеяно. В этом случае система начинает подавать сигналы. В случае если человек просто закрыл глаза на несколько секунд, интеллектуальная система поймет это по движению тела.

Компания Mercedes-Benz пошла дальше и предложила систему Attention Assist (ассистент внимания), в которой контроль действий водителя основывался на многих факторах: манере езды, поведении за рулем, использовании органов управления, характере и условиях движения и др.

Блок управления обрабатывает входные сигналы и определяет:

- стиль вождения (анализ скорости, продольного и бокового ускорения в течение 30 мин. после начала движения);
- условия вождения (анализ времени суток, продолжительности поездки);
- состояние дорожного полотна (анализ бокового ускорения);

Система Driver Alert Control (надзор за бдительностью водителя), DAC, от Volvo, в отличие от системы Attention Assist, фиксирует только характер движения автомобиля по дороге. Отклонение от заданных параметров движения рассматривается системой как наступление усталости водителя [1].

Сравнение существующих систем в таблице 1. Сравнив описанные системы, можно сделать вывод об их работоспособности, выявить их недостатки и преимущества (таблица 1).

Таблица 1. Сравнение изученных систем

Название системы	Плюсы	Минусы	Принцип
LS801 (русская инновационная интеллектуальная система)	Визуальное наблюдение непосредственно за водителем	Низкий процент срабатывания.	Слежение за лицом водителя
Attention Assist (Ассистент внимания)	Идеально для отличных европейских дорог.	Плохая работоспособность на дорогах России	Контроль бокового и продольного ускорения.
Driver Alert Control (надзор за бдительностью)	Идеально для отличных европейских дорог.	Сложность анализа при плохих погодных условиях.	Характер движения автомобиля и отклонение от норм.

В России уже достаточно давно существует система контроля усталости на других видах транспорта, например, у машинистов поездов. Ее смысл заключается в следующем: через определенный интервал времени машинист обязан нажать на специальную кнопку — в противном случае происходит торможение вагонного состава. Но такая система не подходит для установки на автомобили, потому что

управление поездом не предусматривает резких маневров, торможений и ускорений и непредвиденных ситуаций, связанных с другими участниками движения.

Альтернативное предложение.

В рамках данной научно-исследовательской работы предлагается система, которая будет основана на анализе манеры вождения автомобилиста с помощью установленных датчиков в руле и педалях, срабатывающих при каждом их использовании.

Электрические сигналы, которые поступают с датчиков механического напряжения в каждой из педали и датчика-акселерометра в руле, проходят через преобразователь АЦП и попадают в бортовой компьютер, установленный в автомобиле. Далее происходит запись и обработка этих сигналов с помощью программы. На последнем этапе, при необходимости и выявлении усталости, на монитор машины выводится предупреждение и предложение водителю остановиться и сделать перерыв.

Важно отметить, что при заимствовании и добавлении части системы, следящей за движением автомобиля относительно дороги, можно добиться более точного результата.

Описание программного модуля и интерфейса пользователя.

Программный модуль состоит из двух частей:

1) Первая из них демонстрирует процесс записи показаний в базу данных для последующей обработки, и одновременно с этим для наглядности на картинке подсвечивается та область, откуда поступает сигнал.
2) В режиме вывода предупреждения, демонстрируется поведение системы в момент регистрации усталости: на приборную панель выводится световой и звуковой (при возможности) сигнал; водителю предлагается сделать остановку.

Блок-схема, изображенная на рисунке 1, поясняет работу программы. После начала движения машины запускается программа, ожидающая срабатывания датчиков и поступление сигналов. Полученные сигналы записываются базу данных, после чего анализируются до тех пор, пока не будет выявлена усталость водителя.

Выводы.

Завершая работу над научно-исследовательским проектом, важно отметить пункты, которые были реализованы в процессе работы и которые требуют определенных доработок.

В результате были выполнены следующие пункты из поставленных задач:

- Была создана структурная схема, с помощью которой осуществлялись все последующие действия по созданию проекта
- Были выбраны рабочие элементы системы (датчики, микроконтроллер); обоснован их выбор
- Была разработана блок-схема и основные алгоритмы
- Был создан интерфейс и сама программа, которая демонстрирует работу предложенной системы контроля усталости водителя.

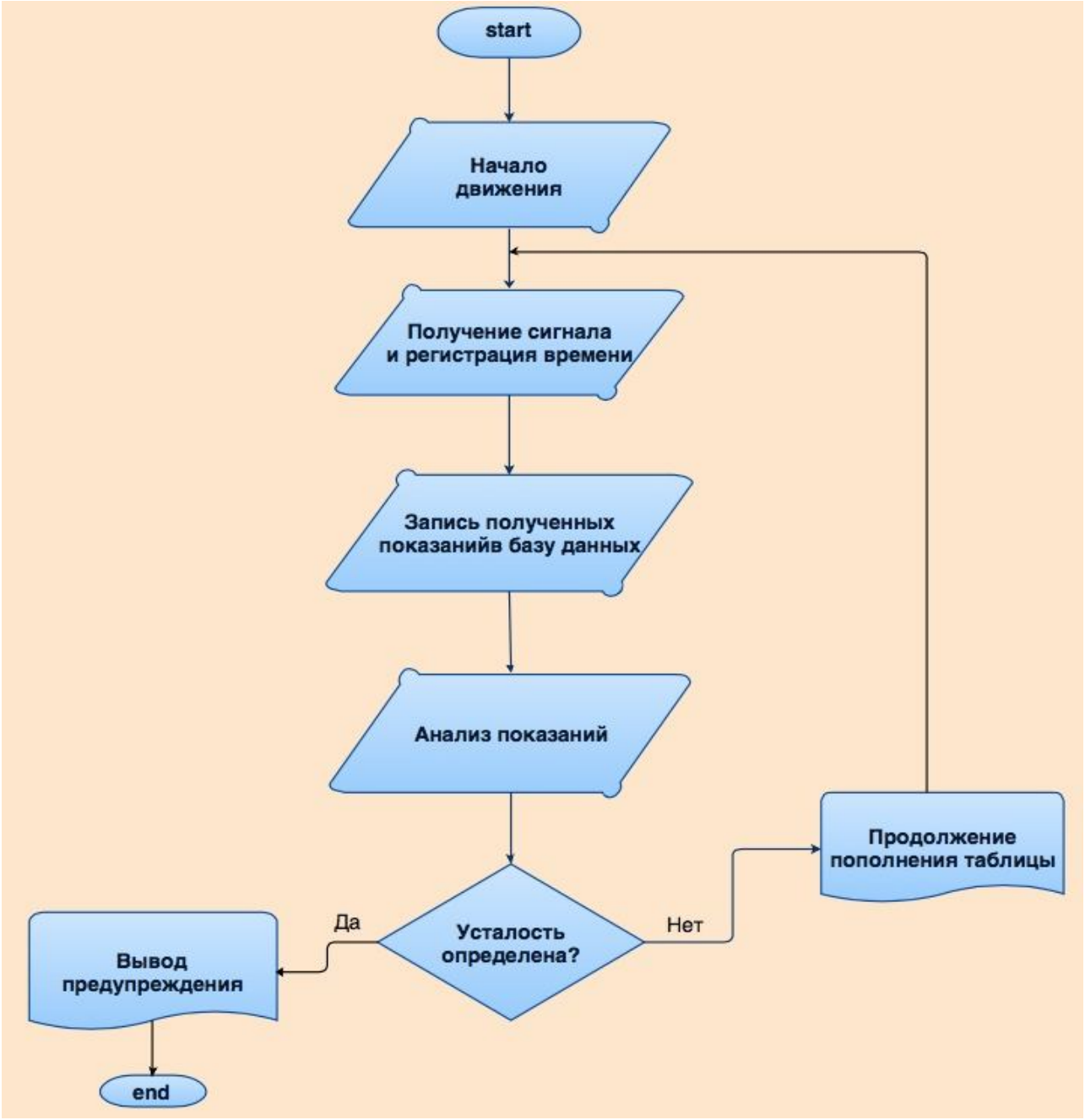


Рис. 1. Блок-схема работы программы

ЛИТЕРАТУРА

1. БСЭ – Большая Советская Энциклопедия. Третье издание в 30 томах. Издательство «Советская энциклопедия» 1970 Москва.
2. Справочник «Мир электроники. Дж. Фрайден. Современные датчики». Перевод с английского Ю.А. Заболотной под редакцией Е.Л. Свинцова. Издательство «Техносфера» 2005 г.

СЕКЦИЯ X. ИНЖЕНЕРНЫЙ БИЗНЕС И МЕНЕДЖМЕНТ

Управление инновационными процессами в образовательном учреждении

ЕВДОКИМОВ Данила Валериевич
Московская область, п.Томилино,
МОУ гимназия № 18, 11 класс

Научный руководитель:
Мынжасаров Рахымбай Исатаевич
к.т.н , доцент кафедры «Менеджмент»
МГТУ им. Н.Э. Баумана

«Образование – это самое эффективное средство, с помощью которого государство формирует людей по своему подобию»

М. Хальбфакс

В XXI веке проблемы организации и управления в системе образования в условиях внедрения инновационных проектов и программ вызывают интерес исследователей и ученых. Разработка и реализация инновационной модели системы управления качеством образования в общеобразовательном учреждении является одной из основных задач для многих исследователей.

К сожалению, большинство образовательных учреждений работают только на обучение, но не работают на инновационное развитие. Важнейшими задачами образовательных учреждений являются воспитание, обучение и создание условий для развития молодого поколения. Социально-экономическая ситуация в стране требует от образовательных учреждений решения важных задач – воспитание и обучение детей на фоне инновационного развития образовательного учреждения. Прежде всего, что такое инновация, и как мы ее представляем?

Инновация – это, «нововведение» или «введение новшеств». Под новшеством понимается, процесс использования новых методов, нового порядка или изобретение, новое явление и т.п.[1,3].

Инновационные образовательные учреждения, это те заведения, которые способны к саморазвитию и создающие условия для развития всего педагогического процесса. Все участники инновационного образовательного учреждения, т.е. педагогический коллектив, должны активно принимать участие в выявлении и решении проблем, а также стремиться к внутреннему обновлению и удовлетворению запросов личности и общества.

Цель научной работы - исследование инновационных процессов в образовательном учреждении, а также выявление факторов, влияющих на инновационное развитие образовательного учреждения. На основе данного иследования предполагается сделать вывод о возможности развития образовательного учреждения.

Для сбора общей информации проводилось анкетирование среди педагогов образовательного учреждения. Педагогам были заданы следующие вопросы : Ваш возраст? Ваше образование?

Стаж работы? С чем связаны имеющиеся недостатки в работе образовательного учреждения?

Важным моментом в исследовании является то, что большинство педагогов любят свой коллектив и трудятся на основе единства за будущее и имидж своего образовательного учреждения.

По результатам исследования выявлены основные факторы, влияющие на развитие образовательного учреждения. Это низкий уровень материально-технического оснащения, отсутствие инновационных образовательных технологий, общий кризис образовательной системы, отсутствие условий для раскрытия творческого потенциала педагога, низкий уровень квалификации педагога, а также низкий уровень престижа педагогического труда. Кроме этого, выявлены инновационные процессы, необходимые для развития образовательного учреждения: создание инновационного технологического центра, организация курсов по обучению основам управления и предпринимательству, проведение семинаров по финансовой грамотности и финансовой безопасности, внедрение новых технологий, а также создание лабораторий научно-технического моделирования.

Каждый педагог в процессе своей деятельности обменивает свои личностные ресурсы на материальные или нематериальные блага. Для многих материальные стимулы являются важной мотивацией не только к деятельности, но на инновационное развитие своего учреждения. Вне зависимости от возраста и занимаемой должности все педагоги стремятся к удовлетворенности от выполненной работы. Эффективность инновационных процессов зависит не только от способности руководителя, но и от других факторов.

Механизм взаимодействия педагогов и учащихся, основан на взаимодействии

педагога и учащегося, каждый из который выполняет свои обязательства перед другим. Профессиональный педагог должен быть организатором, хорошим специалистом и психологом в своей работе, а также относиться с пониманием, теплотой к учащимся.

Реформирование образовательной системы прежде всего характеризуется модернизацией общества, с точки зрения изменения образа поведения и мыслей людей. Проведенные исследования в образовательном учреждении и всесторонний анализ показали, что с учетом недостатков и факторов, влияющих на инновационное развитие образовательного учреждения, требуется разработать модели управления инновационными процессами в образовательном учреждении.

Модель управления инновационными процессами в образовательном учреждении характеризуется простотой в применении, соответствует принципам достоверности, ориентирована на взаимоотношения всех участников, а также учитывает специфику деятельности образовательного учреждения и вышестоящих органов управления.

Данная модель основывается на реализации следующих инновационных направлений: создание инновационного учебно-технологического центра, создание современной материально-технической базы и реализация эффективного учебного плана.

Данную модель управления можно применять в любом образовательном учреждении. Эффективность инновационных процессов позволяет использовать возможности образовательного учреждения при реализации инновационных проектов.

В свою очередь, инновационный процесс представляет собой целенаправленный процесс, приводящий к качественным изменениям, с применением современных методов управления,

эффективным использованием всех ресурсов: интеллектуальных, научно-образовательных, финансовых и пр.

Модернизация образовательного учреждения требует в осуществлении современных форм и способов образования, влияющих на формирование цивилизованного образа поведения и мыслей учеников, а также реализации инновационных программ, методики обучения и изменении материально-технической базы образовательного учреждения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Оголева Л.Н. «Инновационный менеджмент», М., 2002 г.
2. Федеральный закон «Об образовании в Российской Федерации» статья 20, дата принятия:29 декабря 2012года, опубликовано:4 января 2013года.
3. Ананишнев В.М. «Управление в сфере образования», М.,МГПУ, 2007 г.

Разработка социально-ориентированного бизнес проекта «Служба такси для людей с ограниченными возможностями»

ЩЕРБАНЁВ Андрей Игоревич
г. Москва, ГБОУ лицей № 1581, 11 класс

Научный руководитель:
Богданов Дмитрий Дмитриевич,
доцент кафедры
«Инновационное предпринимательство»
МГТУ им Н.Э. Баумана

В Москве более одного миллиона людей с ограниченными возможностями. У двадцати двух тысяч из них нарушены функции опорно-двигательного аппарата. Другими словами, они не могут ходить. Пандусы для колясок, тротуары с качественным и ровным покрытием, широкие двери – всё это способствует поддержанию в городе безбарьерной среды, при помощи которой инвалиды-колясочники могут почувствовать себя независимыми. Сравнительно недавно общественный транспорт стал приспособлен для перевозки маломобильных пассажиров: появились автобусы с низкой посадкой и выдвижными пандусами, а главное – вежливые водители, которые готовы помочь при необходимости. Многие инвалиды теперь могут самостоятельно передвигаться по городу. Впрочем, бывают случаи, когда общественный транспорт не подходит и требуется личный автомобиль или машина с водителем.

Как следствие, для данной категории людей особенно остро встает проблема передвижения по городу на дальние расстояния, что и обусловило актуальность выбранного направления исследования и разработки проекта.

Конкуренция на рынке перевозок высока. Чтобы занять свою нишу в бизнесе нужно придумать не только что-то интересное, но и востребованное. Сегодня по улицам Москвы ежедневно курсируют около пятидесяти тысяч такси. Примерно тридцать пять тысяч из них – легальные. Такие таксомоторы, как правило, оборудованы кондиционерами, подушками безопасности и другими менее важными, но приятными опциями вплоть до бесплатного интернета. Несмотря на это, в Москве существует всего лишь одна частная транспортная компания, предоставляющая услугу такси людям с ограниченными возможностями.

Целью разрабатываемого бизнес проекта является организация службы такси для людей с ограниченными возможностями.

Для реализации цели в данной научной работе необходимо решить следующие задачи:

- Оценить количество людей с ограниченными возможностями в Москве и виды их ограничений. Исходя из полученных данных, определить объём спроса, а также масштабы деятельности компании.
- Детально проанализировать опыт конкурента.
- Сформировать автопарк, минимизируя расходы на приобретение автомобилей.
- Создать необходимые критерии для отбора и работы водителей.

- Рассмотреть заключение контрактов на обслуживание с медицинскими и реабилитационными центрами, а также с военными госпиталями.
- Рассчитать финансово-экономические показатели проекта.

После проведения необходимого количества расчетов, итоговые показатели по проекту имеют следующий вид (таблица 1, таблица 2, таблица 3, источник - расчеты автора).

Особое внимание в работе было уделено расчету себестоимости одного километра пути для приобретаемых с помощью лизинга автомобилей исходя из следующих ежегодных параметров: средний пробег транспортного средства; расходы на топливо, техническое обслуживание, ОСАГО, транспортные налоги. Также расчет велся с учетом заработной платы сотрудников и лизинговых платежей.

Расчет сделан для того, чтобы грамотно сформировать ценовую политику на предоставляемые услуги, то есть, чтобы установить максимально низкие тарифы на перевозку пассажиров, и тем самым не остаться в убытке (таблица 4, таблица 5, источник - расчеты автора).

Таблица 1. Резюме бизнес проекта

Параметр	Ед. измерения	Значение
Объём инвестиций	Руб.	2981700,0
Ежемесячные затраты	Руб./мес.	471887,7
Ежемесячный доход	Руб./мес.	588000,0
Ежемесячная прибыль	Руб./мес.	116112,3
Период достижения точки безубыточности	Мес.	11
Срок окупаемости	Мес.	36
Кол-во собственных автомобилей	Ед.	3
Кол-во занятого персонала	Чел.	10
Средняя загрузка 1-го автомобиля в сутки	Ч.	14

Таблица 2. Единовременные затраты на организацию бизнес проекта

Наименование затрат	Ед. измерения	Сумма
Первый лизинговый платёж за а/м VW Caddy Maxi (x2)	Руб.	1465600
Первый лизинговый платёж за а/м VW Caddy Maxi «Сикар»	Руб.	682000
Мобильный гусеничный подъёмник	Руб.	250000
Комплект оборудования для перевозки инвалидов-колясочников	Руб.	450000
Таксометр ГЕЛИОС-005К (x4)	Руб.	51200
Брендирование автомобилей	Руб.	12000
Мини-мойка KARCHER K 5.200	Руб.	11500
Универсальный набор инструментов	Руб.	4500
Рекламный бюджет	Руб.	20000
Регистрация ИП	Руб.	1000
Открытие расчетного счета	Руб.	4000
«Красивый» телефонный номер	Руб.	29900
Итого	**Руб.**	**2981700**

Таблица 3. Ежемесячные затраты по бизнес проекту

Наименование затрат	Ед. измерения	Сумма
Лизинговый платёж за а/м VW Caddy Maxi (x2)	Руб.	57336,0
Лизинговый платёж за а/м VW Caddy Maxi «Сикар»	Руб.	26680,5
Заработная плата водителей-санитаров	Руб.	210000
Заработная плата диспетчеров	Руб.	16000
Заработная плата бухгалтера	Руб.	40000

Заработная плата ген. директора	Руб.	100000
Техническое обслуживание автомобилей	Руб.	2835
Расходы на топливо	Руб.	15309
ОСАГО	Руб.	3202,2
Налог на автомобили	Руб.	525
Итого	**Руб.**	**471887,7**

Таблица 4. Расчет себестоимости 1 км пути для собственных автомобилей

Параметры	Ед. измерения	VW Caddy Maxi	VW Caddy Maxi "СИКАР"
1 км пути (с учётом обслуживания)	руб/км	88492,8/25550 = 3,46	88492,8/25550 = 3,46
1. Средний годовой пробег	км	365*70 = **25550**	365*70 = **25550**
2. Расходы на топливо	руб/год	25550/100*8,1*30 = **62086,5**	25550/100*8,1*30 = **62086,5**
3. Стоимость технического обслуживания	руб/год	0,45*25550 = **11497,5**	0,45*25550 = **11497,5**
4. ОСАГО	руб/год	**12808,8**	**12808,8**
5. Налог	руб/год	**2100**	**2100**
Итого	руб/год	62086,5+11497,5+12808,8+2100 = **88492,8**	62086,5+11497,5+12808,8+2100 = **88492,8**
1 км пути (с учётом з/п сотрудников)	руб/км	33,33 + 2,54 + 6,34 + 15,87 = 58,08	33,33 + 2,54 + 6,34 + 15,87 = 58,08
1. З/п водителям-санитарам	руб/км	(35000*6)/(70*30*3) = **33,33**	(35000*6)/(70*30*3) = **33,33**
2. З/п диспетчерам	руб/км	(8000*2)/(70*30*3) = **2,54**	(8000*2)/(70*30*3) = **2,54**
3. З/п бухгалтеру	руб/км	40000/(70*30*3) = **6,34**	40000/(70*30*3) = **6,34**
4. З/п Ген. Директору	руб/км	100000/(70*30*3) = **15,87**	100000/(70*30*3) = **15,87**
1 км пути (с учётом лизинга)	руб/км	256576/76550 = 3,35	238789/76550 = 3,12
	км	25550*3 = **76550**	25550*3 = **76550**
	руб	1722176 - 1465600 = **256576**	1602789 - 1364000 = **238789**
1 км пути	руб/км	3,46 + 58,08 + 3,35 = 64,89	3,46 + 58,08 + 3,12 = 64,66
Сумма, потраченная на автомобиль за 3 года	руб	64,89 * 76650 + 1465600 = **6439418,5**	64,66 * 76650 + 1364000 = **6320189**
Стоимость 1 км пути, чтобы работать в "0" (за 3 года)	руб/км	6439418,5 : 76650 = 84,01	6320189 : 76650 = 82,46
Сумма, потраченная на автомобиль за 5 лет	руб	6439418,5 + 64,89 * 51100 = **9755297,5**	6320189 + 64,66 * 51100 = **9624315**
Стоимость 1 км пути, чтобы работать в "0" (за 5 лет)	руб/км	9755297,5/(25550*5) = 76,36	9624315/(25550*5) = 75,34

Таблица 5. Стоимость услуг

	Услуга такси для колясочников	**Услуга такси по предварительному заказу**	**Услуга такси для лежачих пассажиров**
Тариф	500 руб/ч	400 руб/ч	500 руб/ч
Подача автомобиля	250 руб	бесплатно	250 руб
1 км по МКАД	23 руб/км		
1 км за пределы МКАД	----------	25 руб/км	----------
Минимальный заказ	2 часа	2 часа	3 часа
Транспортировка в автомобиль	50 руб	50 руб	100 руб

Автор проекта проанализировал стоимость услуг таксомоторных служб на рынке г. Москвы. Для этого было рассмотрено 46 реально существующих компаний на рынке. Рассматриваемый маршрут был протяженностью 11 км от Большого Предтеченского переулка 15/8 до 1-ой Останкинской ул., д. 3, стр. 1. Время в пути по данному маршруту в дневное время суток с учётом пробок составляет 40 минут (таблица 6, источник – расчеты автора).

При ожидаемых результатах, описанных в резюме бизнес проекта (таблица 1), срок окупаемости бизнес проекта будет составлять 25 месяцев. Для того, чтобы достичь этих результатов, необходимо, прежде всего, добиться безубыточности. Запланированный период окупаемости – 36 месяцев, следовательно, период достижения точки безубыточности – 11 месяцев. На рис 1. показаны модели используемых автомобилей.

а)

б)

Рис. 1. Фотографии используемых автомобилей: а) VW Caddy Maxi «СИКАР» для лежачих пассажиров, б) VW Caddy Maxi для колясочников

Для расчета точки безубыточности (рис. 2) автором проекта была составлена арифметическая прогрессия:

S_{11} = 471.887,7 * 11 = 5.190.764,7 руб.,

где S_{11} – затраты за первые одиннадцать месяцев работы проекта,

a_{11} – доход за одиннадцатый месяц работы проекта, a_{11} = 588.000 руб.

$S_n = 0,5 * (a_1 + a_n) * n$; $S_{11} = 0,5 * (a_1 + a_{11}) * 11$

$5.190.764,7 = 0,5 * (a_1 + 588.000) * 11 \Rightarrow a_1 = 355.775,4$ руб.,

где a_1 – доход за первый месяц работы проекта.

$S_n = 0,5 * (2a_1 + (n-1)*d) * n$; $S_{11} = 0,5 * (2a_1 + 10d) * 11$

$5.190.764,7 = 0,5 * (711.550,8 + 10d) * 11 \Rightarrow d = 23.222,46$ руб.,

где d – разница между ежемесячным доходом в течение первых одиннадцати месяцев работы проекта.

$t_1 = a_1 / (3 * 28 * 500) = 8,5$ часов,

где t_1 – загруженность одного автомобиля в первый месяц работы проекта.

$t_2 = d / (3 * 28 * 500) = 0,5$ часа,

где t_2 – разница между загруженностью одного автомобиля в течение первых одиннадцати месяцев работы проекта.

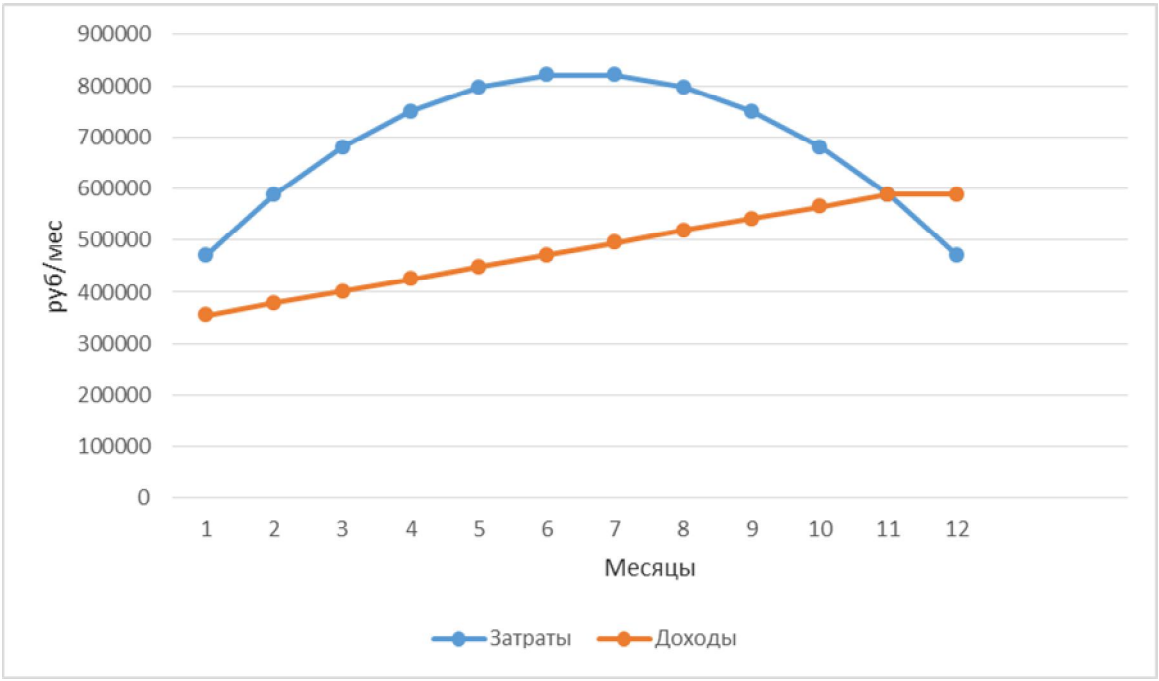


Рис. 2. Достижение точки безубыточности

Таким образом, согласно рассчитанным показателям, проект социально-ориентированного бизнеса был признан успешным и годным к реализации. Данная работа удостоилась высшей оценки сообщества профессиональных предпринимателей ОПОРА России, представители которой присутствовали на защите проекта.

Таблица 6. Стоимость услуг таксомоторных служб на рынке г. Москвы

№	Компания	Контактный телефон	От	До	Км	Время в пути	Стоимость, руб.	Тариф
1	"ТК-77"	8 (495) 778-39-98	Москва, Большой Предтеченский переулок, 15/8	Москва, 1-я Останкинская улица, 3с1	11	40 минут	600	по времени
2	"FAST-TRAVEL"	8 (495) 642-46-62	Москва, Большой Предтеченский переулок, 15/8	Москва, 1-я Останкинская улица, 3с1	11	40 минут	2500	фиксированный
3	"MARTEX"	8 (495) 739-52-25	Москва, Большой Предтеченский переулок, 15/8	Москва, 1-я Останкинская улица, 3с1	11	40 минут	820	по времени
4	"Pershey & Tache"	8 (495) 542-40-92	Москва, Большой Предтеченский переулок, 15/8	Москва, 1-я Останкинская улица, 3с1	11	40 минут	520	по времени
5	"TAXI-MAXIM"	8 (495) 231-22-22	Москва, Большой Предтеченский переулок, 15/8	Москва, 1-я Останкинская улица, 3с1	11	40 минут	500	фиксированный
6	"АВТОРИТЕТ-ТАКСИ"	8 (495) 776-04-46	Москва, Большой Предтеченский переулок, 15/8	Москва, 1-я Останкинская улица, 3с1	11	40 минут	600	по времени
7	"АНТАРИС-ТАКСИ"	8 (495) 686-30-10	Москва, Большой Предтеченский переулок, 15/8	Москва, 1-я Останкинская улица, 3с1	11	40 минут	590	по времени
8	"ВОЯЖ ТАКСИ"	8 (495) 646-07-46	Москва, Большой Предтеченский переулок, 15/8	Москва, 1-я Останкинская улица, 3с1	11	40 минут	650	по времени
9	"ЕВРОЛАЙН"	8 (495) 999-99-99	Москва, Большой Предтеченский переулок, 15/8	Москва, 1-я Останкинская улица, 3с1	11	40 минут	610	по времени
10	"ЖЕНСКОЕ ТАКСИ"	8 (495) 940-76-76	Москва, Большой Предтеченский переулок, 15/8	Москва, 1-я Останкинская улица, 3с1	11	40 минут	800	по времени
11	"КЛАКСОН-М"	8 (495) 775-31-51	Москва, Большой Предтеченский переулок, 15/8	Москва, 1-я Останкинская улица, 3с1	11	40 минут	550	по времени
12	"КОМАНДИР ТАКСИ"	8 (495) 988-88-88	Москва, Большой Предтеченский переулок, 15/8	Москва, 1-я Останкинская улица, 3с1	11	40 минут	950	по времени
13	"МАСТЕР ТАКСИ"	8 (495) 543-47-88	Москва, Большой Предтеченский переулок, 15/8	Москва, 1-я Останкинская улица, 3с1	11	40 минут	550	по времени
14	"МВ-МОТОРС"	8 (495) 775-67-75	Москва, Большой Предтеченский переулок, 15/8	Москва, 1-я Останкинская улица, 3с1	11	40 минут	500	по времени
15	"МЕДВЕДКОВО-ТАКСИ"	8 (495) 589-52-59	Москва, Большой Предтеченский переулок, 15/8	Москва, 1-я Останкинская улица, 3с1	11	40 минут	800	фиксированный
16	"МОСКЭБ"	8 (495) 981-08-81	Москва, Большой Предтеченский переулок, 15/8	Москва, 1-я Останкинская улица, 3с1	11	40 минут	640	по времени
17	"НАВИГАТОР"	8 (495) 232-36-36	Москва, Большой Предтеченский переулок, 15/8	Москва, 1-я Останкинская улица, 3с1	11	40 минут	550	по времени
18	"НОВОЕ ТАКСИ"	8 (495) 775-27-80	Москва, Большой Предтеченский переулок, 15/8	Москва, 1-я Останкинская улица, 3с1	11	40 минут	550	по времени
19	"ПИЛОТ ТАКСИ"	8 (495) 333-33-33	Москва, Большой Предтеченский переулок, 15/8	Москва, 1-я Останкинская улица, 3с1	11	40 минут	610	по времени
20	"СМР ЕДИНСТВО ТАКСИ"	8 (495) 778-73-33	Москва, Большой Предтеченский переулок, 15/8	Москва, 1-я Останкинская улица, 3с1	11	40 минут	450	по времени
21	"СУПЕР КАР"	8 (495) 225-92-25	Москва, Большой Предтеченский переулок, 15/8	Москва, 1-я Останкинская улица, 3с1	11	40 минут	550	по времени
22	"ТАКСИ ЛАДЬЯ"	8 (495) 788-98-89	Москва, Большой Предтеченский переулок, 15/8	Москва, 1-я Останкинская улица, 3с1	11	40 минут	490	по времени
23	"ФЛАГМАН"	8 (495) 223-35-55	Москва, Большой Предтеченский переулок, 15/8	Москва, 1-я Останкинская улица, 3с1	11	40 минут	640	по времени
24	"ЭЛИТ-АВТО"	8 (495) 226-22-26	Москва, Большой Предтеченский переулок, 15/8	Москва, 1-я Останкинская улица, 3с1	11	40 минут	580	по времени
25	"РЕНО-ТАКСИ"	8 (495) 995-00-99	Москва, Большой Предтеченский переулок, 15/8	Москва, 1-я Останкинская улица, 3с1	11	40 минут	500	по времени
26	"Радуга"	8 (495) 510-00-22	Москва, Большой Предтеченский переулок, 15/8	Москва, 1-я Останкинская улица, 3с1	11	40 минут	670	фиксированный
27	"Империя такси"	8 (495) 210-90-90	Москва, Большой Предтеченский переулок, 15/8	Москва, 1-я Останкинская улица, 3с1	11	40 минут	550	по времени
28	"Consul Taxi"	8 (495) 500-00-06	Москва, Большой Предтеченский переулок, 15/8	Москва, 1-я Останкинская улица, 3с1	11	40 минут	600	по времени
29	"232 ТАКСИ"	8 (495) 232-11-11	Москва, Большой Предтеченский переулок, 15/8	Москва, 1-я Останкинская улица, 3с1	11	40 минут	520	по времени
30	"КАПРИЗ-Л ТАКСИ"	8 (495) 789-84-83	Москва, Большой Предтеченский переулок, 15/8	Москва, 1-я Останкинская улица, 3с1	11	40 минут	630	по времени
31	"МАСТЕРОВ ТАКСИ СОЮЗ"	8 (495) 940-67-77	Москва, Большой Предтеченский переулок, 15/8	Москва, 1-я Останкинская улица, 3с1	11	40 минут	590	по времени
32	"НОВОЕ МОСКОВСКОЕ ТАКСИ"	8 (495) 780-67-80	Москва, Большой Предтеченский переулок, 15/8	Москва, 1-я Останкинская улица, 3с1	11	40 минут	700	по времени
33	"СТОЛИЧНЫЙ ИЗВОЗЧИК. CITY TAXI"	8 (495) 225-92-25	Москва, Большой Предтеченский переулок, 15/8	Москва, 1-я Останкинская улица, 3с1	11	40 минут	550	по времени
34	"TAXI-GO.RU"	8 (495) 744-57-71	Москва, Большой Предтеченский переулок, 15/8	Москва, 1-я Останкинская улица, 3с1	11	40 минут	550	по времени
35	"НОВОЕ ЖЕЛТОЕ ТАКСИ"	8 (495) 940-88-88	Москва, Большой Предтеченский переулок, 15/8	Москва, 1-я Останкинская улица, 3с1	11	40 минут		по счетчику
36	"ШАНСОН ТАКСИ"	8 (495) 225-31-31	Москва, Большой Предтеченский переулок, 15/8	Москва, 1-я Останкинская улица, 3с1	11	40 минут	610	по времени
37	"ЭЛЕКС-ПОЛЮС ТАКСИ"	8 (495) 707-27-07	Москва, Большой Предтеченский переулок, 15/8	Москва, 1-я Останкинская улица, 3с1	11	40 минут		по счетчику
38	"XXL-TAXI"	8 (495) 729-57-14	Москва, Большой Предтеченский переулок, 15/8	Москва, 1-я Останкинская улица, 3с1	11	40 минут	520	по времени
39	"ТАКСИ МИЛЕДИ"	8 (495) 785-81-81	Москва, Большой Предтеченский переулок, 15/8	Москва, 1-я Останкинская улица, 3с1	11	40 минут	610	по времени
40	"Такси Каретный Ряд"	8 (495) 943-73-33	Москва, Большой Предтеченский переулок, 15/8	Москва, 1-я Останкинская улица, 3с1	11	40 минут	640	по времени
41	"КОЛОБКИ ТАКСИ"	8 (495) 500-67-67	Москва, Большой Предтеченский переулок, 15/8	Москва, 1-я Останкинская улица, 3с1	11	40 минут	520	по времени
42	"ТАКСИ-ВОСТОК"	8 (495) 730-17-30	Москва, Большой Предтеченский переулок, 15/8	Москва, 1-я Останкинская улица, 3с1	11	40 минут	600	фиксированный
43	"ТАКСИ-РИТМ"	8 (495) 232-62-32	Москва, Большой Предтеченский переулок, 15/8	Москва, 1-я Останкинская улица, 3с1	11	40 минут	570	по времени
44	"ТАКСИ 956"	8 (495) 956-89-56	Москва, Большой Предтеченский переулок, 15/8	Москва, 1-я Останкинская улица, 3с1	11	40 минут	640	по времени
45	"743 ТАКСИ"	8 (495) 743-00-00	Москва, Большой Предтеченский переулок, 15/8	Москва, 1-я Останкинская улица, 3с1	11	40 минут	500	по времени
46	"ТАКСИ 2х2"	8 (495) 226-60-22	Москва, Большой Предтеченский переулок, 15/8	Москва, 1-я Останкинская улица, 3с1	11	40 минут	560	по времени

ЛИТЕРАТУРА

1. Программа «Бизнес в Москве: как это работает»: инватакси. Телеканал «Москва 24», 2013 г.
2. Михаил Овчинников, статья «Тренды в мире такси 2012: такси для инвалидов колясочников». Российско-Американская Академия Бизнеса Такси, 2012 г.
3. Информационный бюллетень «Такси в Москве». По данным сервиса Яндекс. Такси, 2013 г.
4. Калькулятор ОСАГО. Российский Союз Автостраховщиков, с учетом изменений в страховые тарифы, внесенные постановлением Правительства Российской Федерации от 10.03.2009 г. № 225.
5. Лизинговый калькулятор. CARCADE лизинг, 2014 г.
6. Статья «Расходы на содержание автомобиля». Сеть региональных автомобильных порталов «ROSAUTOPARK.RU», 2013 г.
7. Калькулятор для расчета транспортного налога в Москве. Юридическая помощь автовладельцам «ZAKON-AUTO.RU», 2013 г.
8. Расчет времени в пути по заданному маршруту. По данным сервиса Яндекс.Карты, 2014 г.
9. Владимир Литвинов, статья «Московский трафик выздоравливает, как муха». ЗАО «Газета.Ру», 2012 г.
10. Олег Портнов - руководитель отдела продаж коммерческих автомобилей, расчет стоимости автомобилей VW Caddy Maxi и VW Caddy Maxi «СИКАР». ООО «Премьера» - официальный дилер Volkswagen, 2013 г.
11. Расчет стоимости длительной аренды автомобилей. Транспортная компания «Автопрокат 24», 2014 г.
12. Лестничный подъёмник (гусеничный). ООО «ЦМРТ «Инвапром», 2014 г.
13. Сервисный калькулятор. «Volkswagen Коммерческие автомобили», 2013 г.
14. Образцы высококачественных маркетинговых исследований и бизнес-планов, GLOBAL REACH CONSULTING, 2013 г.

СЕКЦИЯ XI. ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ НАУКИ

Макет магнитометра Акулова для экспериментального изучения магнитных полей и магнитных свойств материалов

ТАБАЛИНА Анастасия Сергеевна
г. Москва, ГБОУ СОШ № 1394, 11 класс

Научный руководитель:
Задорожный Николай Антонович
к.т.н., доцент кафедры «Физика»
МГТУ им. Н.Э. Баумана

Исследованиям характеристик магнитного поля и магнитных свойств материалов в науке и промышленности уделяется достаточно большое внимание. Для определения магнитных характеристик различных материалов разработаны различные типы магнитометров, отличающиеся принципом действия и чувствительностью. Сегодня магнитометры применяются во многих областях: в геологии для поиска полезных ископаемых; в археологии при проведении раскопок; в навигации на море, в космосе и авиации; при поиске и обнаружении подводных лодок; в сейсмологии для предсказания землетрясений; в биологии и медицине и в различных научных исследованиях и экспериментах.

В частности, для определения магнитных характеристик различных материалов широко используются вибрационные магнитометры. Это высокочувствительные приборы, которые работают по следующему принципу: исследуемый образец, помещенный в однородное магнитное поле, приводится в колебательное движение с постоянной частотой и амплитудой. Неоднородное магнитное поле колеблющегося образца создает в расположенных поблизости измерительных катушках переменное напряжение, пропорциональное магнитному моменту образца. Сигнал измерительных катушек усиливается и регистрируется синхронным детектором, при этом определяется зависимость магнитного момента образцов от намагничивающего поля. Таким образом, измеряются кривая намагничивания и температурные зависимости намагниченности исследуемых образцов. Таким способом для ферромагнетиков можно определить намагниченность насыщения, остаточную намагниченность, температуру Кюри и другие важные характеристики. Достоинством метода является исключительно высокая чувствительность по магнитному моменту, позволяющая проводить измерения на образцах ферромагнитных материалов массой менее 0,01 мг.

Современные магнитометры представляют собой достаточно сложное и дорогостоящее оборудование в большинстве случаев недоступное для применения в простейших исследованиях, например, для школьников или просто увлекающихся людей.

Поэтому целью работы стало создание упрощенного макета магнитометра, который позволил бы проводить исследования магнитных образцов без сложных приборов, например в условиях школьных демонстрационных опытов, а также при проведении экспериментов в полевых условиях, когда нет возможности использовать другие приборы.

В качестве прототипа для создания макета был выбран магнитометр русского профессора Акулова, представляющий собой систему из двух «одинаковых» постоянных магнитов, подвешенных на тонкой

нити. Такая система не чувствует однородное магнитное поле, так как вращательные моменты, действующие на верхний и нижний магниты, будут противоположно направлены и равны друг другу. Если такую пару магнитов поместить в неоднородное магнитное поле, то нить начнет закручиваться. Это объясняется тем, что в неоднородном магнитном поле вращательные моменты верхнего и нижнего магнитов будут противоположно направлены, но не равны по модулю.

Магниты, использованные в магнитометре Акулова, были громоздкими, достаточно слабыми и с нестабильными характеристиками, вследствие чего, в ходе эксперимента периодически воздействовали друг на друга.

Используя современные магниты, существенно меньшие по размеру, но более мощные и стабильные, можно увеличить точность измерений магнитометра Акулова, создать сравнительно небольшой и простой по конструкции макет, что позволит расширить возможности его применения, например, при постановке интересных школьных демонстрационных опытов и поиске источников магнитного поля вне помещений.

Подходящая для макета магнитометра пара магнитов подбиралась опытным путем. Для этого различные пары промышленных магнитов тестировались в условиях однородного магнитного поля Земли: на улице, в максимальном удалении от крупных металлических объектов и источников электромагнитного поля. Тестирование заключалось в следующем: скрепленные вместе магниты подвешивались на нити, когда система переставала колебаться, оценивалось ее положение в пространстве относительно направления север-юг. Наиболее подходящая пара практически не ориентировалась по направлению к магнитным полюсам Земли.

Однако поле одного из магнитов согласно измерениям, проведенным Холловским датчиком, оказалось сильнее, чем поле второго. Чтобы повысить точность показаний модели магнитометра, следовало скомпенсировать поле более сильного магнита. Для этого рядом с «сильным» магнитом были закреплены небольшие фрагменты ферромагнетика (кусочки тонкой металлической скрепки), которые поглощали избыточные линии магнитного поля образцов.

Для проведения простейших экспериментов был собран макет, представляющий собой упрощенную модель крутильных весов, собранную из подручных материалов. Устройство и внешний вид макета показаны на рисунке 1. Как видно из рисунка, макет магнитометра представляет собой пластиковую емкость с небольшим люком у основания. На горловине емкости располагается проградуированная шкала и подвес (тонкая леска). На подвесе закреплен чувствительный элемент, представляющий собой пару магнитов с противоположной ориентацией полюсов. Снизу к стенке емкости прикреплен специальный держатель для тестируемых образцов, который выполняет сразу ряд важных функций. Во-первых, фиксированное положение держателя обеспечивает постоянное расстояние между исследуемым ферромагнетиком и магнитометром. Во-вторых, держатель находится на различных расстояниях от магнитов, составляющих чувствительный элемент, что является необходимым условием при проведении экспериментов. В-третьих, служит для удобства работы с макетом и позволяет избежать излишнего механического воздействия на емкость.

В данном макете на дно емкости помещались дополнительные утяжелители (стеклянные шарики), которые обеспечивали стабильное положение емкости во время проведения экспериментов. В качестве утяжелителей могут использоваться любые доступные немагнитные материалы, например, пластилин.

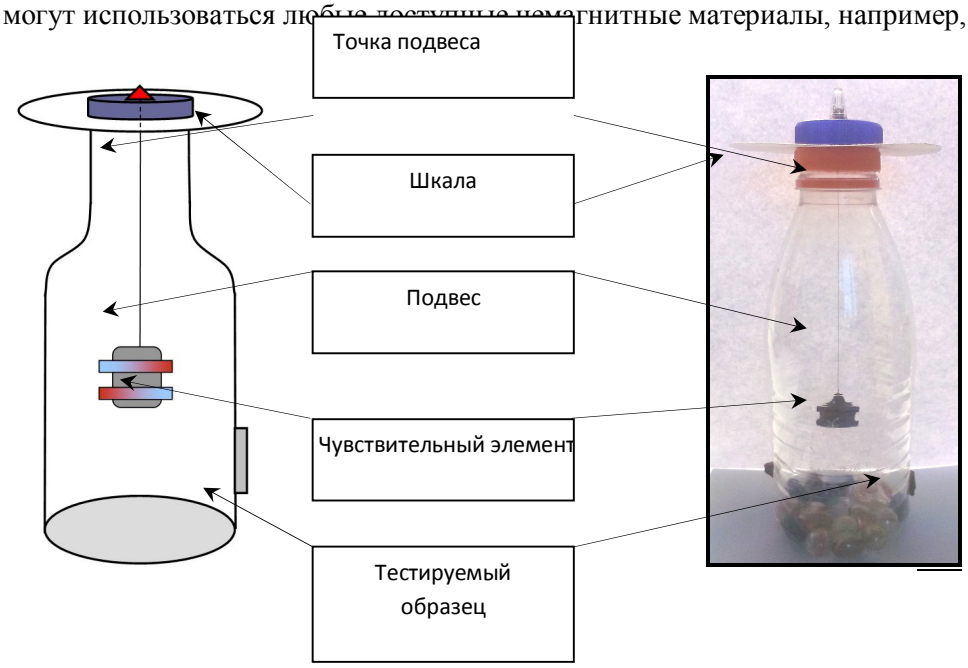


Рис. 1. Схема и внешний вид простейшего макета магнитометра

Данный макет применялся при проведении двух экспериментов: опыт 1 - для определения магнитных свойств образцов, как показано на рисунке 1, и опыт 2 - для нахождения точки Кюри ферромагнетиков. Опыты следует проводить в условиях отсутствия внешнего неоднородного магнитного поля (вблизи не должно находиться железосодержащих предметов и электроприборов).

Опыт 1. Перед началом эксперимента необходимо убедиться в том, что чувствительный элемент занял положение с незакрученной леской. Когда чувствительный элемент на подвесе перестанет колебаться, можно приступать к проведению опыта.

Сначала помещали образец с известными магнитными свойствами в держатель. Чувствительный элемент реагировал на изменение неоднородного магнитного поля и поворачивался в направлении образца, так что оба конца чувствительного элемента находились на одной линии. Затем отмечали при помощи шкалы исходное положение образца, после чего поворачивали подвес вокруг вертикальной оси до тех пор, пока чувствительный элемент не «отворачивался» от ферромагнетика. При помощи шкалы определяли на сколько градусов был совершен поворот подвеса.

Затем по этой же схеме проводили исследования остальных образцов с неизвестными магнитными свойствами. Полученные данные заносили в сводную таблицу и через пропорцию определяли магнитные свойства неизвестных ферромагнетиков, если известны свойства одного из образцов - «эталонного».

Это было возможно благодаря тому, что конструкция макета обеспечивает постоянство следующих факторов: расстояние между чувствительным элементом и образцом; длина нити, магнитные свойства чувствительного элемента. Важно и то, что все магниты имели примерно одинаковые форму и размеры, и, соответственно, идентичную конфигурацию силовых линий магнитного поля.

Следовательно, связь между силой взаимодействия двух ферромагнетиков (F) и углом, на который необходимо повернуть подвес, чтобы преодолеть эту силу, можно считать линейной. Это значит, что при идеальной работе установки выполняется следующее равенство:

$$F_x/F_y=\gamma_x/\gamma_y, \quad (1)$$

где F_x и F_y силы взаимодействия между чувствительным элементом и образцом, а γ_x и γ_y соответствующие углы поворота подвеса.

Следует добавить, что для того чтобы полученные данные были корректными, необходимо следить за тем, чтобы все опыты проводились в сходных условиях: при фиксированной длине лески, неизменном расстоянии между образцом и магнитометром, а также при одинаковых условиях внешней среды (колебание температуры не более 2 градусов).

При условии выполнения всех требований к проведению экспериментов удавалось получать экспериментальные значения соотношений (1) очень близкими к расчетным значениям. При «неаккуратном» выполнении экспериментов погрешность достигала 10%, что проявлялось в появлении дополнительной погрешности на фоне среднеквадратичного отклонения, что свидетельствовало о влиянии человеческого фактора.

Опыт 2. Для определения точки (температуры) Кюри ферромагнетика при помощи модели крутильных весов использовали малогабаритную печку, не содержащую ферромагнитных деталей, с толщиной стенок 2 см, способную нагревать образцы размером 20х5х5 мм до температуры 900^{o}C. В печи была смонтирована термопара, позволяющая определить температуру образца. Сигнал термопары измерялся цифровым вольтметром с точностью до 0,00001 В, что соответствует точности определения температуры в 1 градус. Печь подключали к источнику переменного тока с регулируемым выходным напряжением. Соединительные провода термопары были перекручены между собой, чтобы не улавливать помехи.

Эксперимент проводили следующим образом. Исследуемый образец помещали в печь. Отмечали исходное положение чувствительного элемента. Затем устанавливали крутильные весы таким образом, чтобы чувствительный элемент сориентировался на исследуемый образец так же, как в опыте 1. Поворачивали подвес на 45 градусов и убеждались, что чувствительный элемент продолжает ориентироваться «на образец».

Затем приступали к нагреванию образца в печи. Его температуру фиксировали при помощи термопары по показаниям цифрового вольтметра.

Нагревание проводили до тех пор пока чувствительный элемент не вернется в исходное положение, что свидетельствовало о том, что образец потерял ферромагнитные свойства, то есть достиг своей температуры Кюри, которую и фиксировал чувствительный элемент магнитометра.

Температуру точки Кюри для конкретного образца определяли по показаниям вольтметра в момент возвращения чувствительного элемента в исходное положение с использованием предварительно снятого градуировочного графика зависимости ЭДС термопары платина-платина-родий от температуры горячего спая. В нашем случае поворот произошел при показании вольтметра 6,15мВ. По градуированному

графику определяли температуру образца с поправкой на 20 C^0, поскольку именно при такой температуре находился холодный спай термопары. Измеренное таким образом значение точки Кюри составило 700 C^0, которое было достаточно близким к ожидаемому значению для данной серии образцов (695^{o}C), которая была измерена ранее на научном оборудовании при контроле данной партии магнитов.

Таким образом, созданная установка позволяет определять температуру Кюри образцов с достаточной для практических целей точностью. По данным о температуре Кюри образца можно делать выводы о его составе, поскольку температура Кюри зависит от состава образцов.

Результаты экспериментов показали, что данный макет может успешно применяться для определения точки (температуры) Кюри ферромагнетиков.

Вывод: В ходе выполненной работы создан макет магнитометра, представляющий собой упрощенную модель магнитометра Акулова, чувствительность которого является достаточной для проведения различных постановочных демонстрационных опытов, а также простейших исследований. Однако, ввиду ограниченности возможностей макета (требование идентичности размеров и форм магнитов), он не может быть использован для проведения серьезных научных исследований, требующих стабильных значений точности и чувствительности оборудования.

С использованием результатов, полученных в ходе создания макета магнитометра и проведения экспериментов, в том числе кратко описанных в настоящей статье, планируется создание лабораторной работы на кафедре физики в МГТУ им. Н.Э. Баумана для раздела «Магнетизм».

ЛИТЕРАТУРА

1. В.А. Касьянов Физика 11 класс. Профильный уровень. «Магнитное поле в веществе», «Ферромагнетизм», - М.:Дрофа, 2011. – 416 с.
2. Н.С. Перов «Николай Сергеевич Акулов» - М.: Физический факультет МГУ, 2003. - 116 с.
3. Б.Е. Винтайкин «Физика твердого тела» - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2008. - 360 с.

СЕКЦИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНО-РЕАБИЛИТАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Влияние геометрической формы самолета на его полетные характеристики

ЛИФАНОВ Александр Михайлович,
г. Москва, ГБОУ СОШ № 72, 11 класс

Научный руководитель:
Мелкумян Овсеп Григорьевич,
старший преподаватель кафедры
«Инженерная графика»
МГТУ им. Н.Э. Баумана

В современном мире все более востребованы беспилотные управляемые летательные аппараты (БПЛА). Развитие беспилотной техники характеризуется большим разнообразием летательных аппаратов как по внешним характеристикам, так и по способам применения. Они могут использоваться для нахождения очагов пожаров, разведки местности, сброса припасов в определенное место для мирных или военных целей.

По оценкам многих экспертов к 2015 - 2020 гг. до трети мирового авиапарка военной авиации в передовых странах станет беспилотным. Бурное развитие БПЛА в настоящее время требует решения проблем их технической уязвимости. Одной из таких проблем является оптимизация полетных характеристик БПЛА: тихоходность, устойчивость, скорость взлета, дальность полета, низкая заметность.

Цель работы - изучение влияния геометрической формы крыла самолета на его полетные характеристики; проектирование и построение действующей модели, которая может послужить платформой для создания БПЛА.

Решаемые задачи:

1) Изучение физики полета воздушных летательных аппаратов.
2) Создание модели самолета с изменяющимся углом атаки.
3) Изучение этапов создания технической документации сборочного узла.
4) Составление сборочного чертежа в соответствии с ЕСКД.

Физика полета воздушных летательных аппаратов.

О физике полета и конструктивных деталях летательных аппаратов много информации изложено в изученной литературе. Основные составные части самолета - крыло, руль высоты, фюзеляж, нервюра и лонжерон. На подъемную силу самолета влияют форма и площадь крыла, форма профиля крыла, угол атаки. Крыло – основная деталь самолета, служащая для создания подъемной силы. Различают множество разных форм крыльев и их профилей. Конструкции крыла показаны на рисунке 1.

При выполнении исследовательской части работы было рассмотрено несколько видов форм крыла, сделаны необходимые расчеты по взлетной скорости модели, в результате выбрана прямоугольная форма крыла, благодаря своей прочности, легкости изготовления, простоте расчетов. При этом крылья расположены V-видно относительно фюзеляжа, что увеличивает устойчивость полета.

Так как самолеты используются и создаются для разных целей, то и форма профиля может быть разной. Для создания модели была выбрана D-видная форма нервюры, благодаря легкости изготовления, прочности и универсальности (К - на рисунке). Крыло самолета расположено под углом, так чтобы поток воздуха встречал большее сопротивление с нижней части крыла и почти не имел сопротивления сверху, а просто обтекал крыло. Угол атаки - это угол между нижней частью крыла и горизонтальной плоскостью и он влияет на скорость и устойчивость полета. Расчетная площадь крыла была вычислена для угла атаки 4 градуса: M_0 – расчетная масса модели, V – взлетная скорость, C_y – коэффициент подъемной силы, P – плотность воздуха (таблица, рис. 3). Так как для определения коэффициента подъемной силы и коэффициента силы лобового сопротивления требуются испытания модели в аэродинамической трубе, то было принято решение использовать график зависимости этих коэффициентов от данных углов атаки для типичного несимметричного профиля крыла (рис. 3).

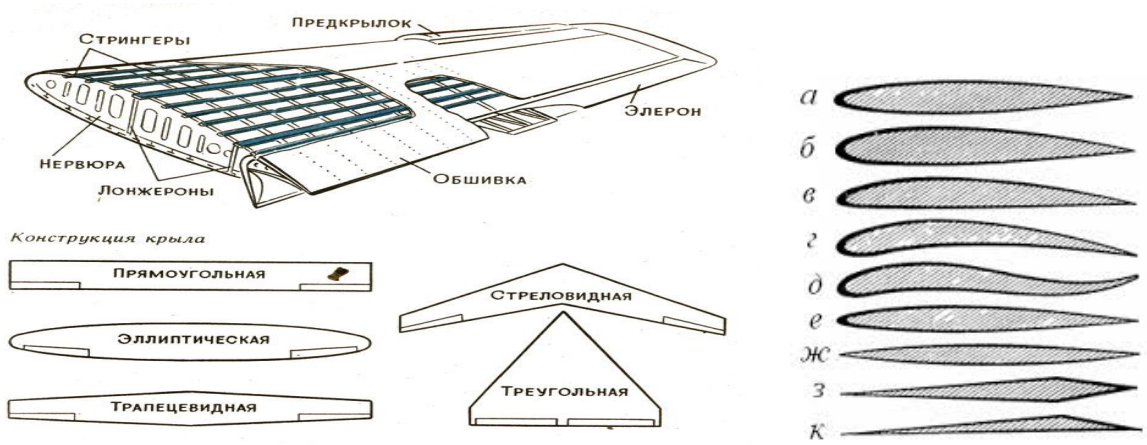


Рис. 1. Конструкции крыла

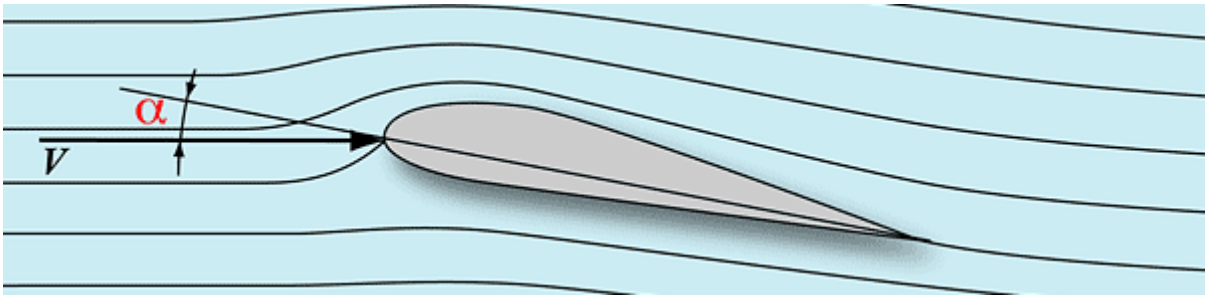
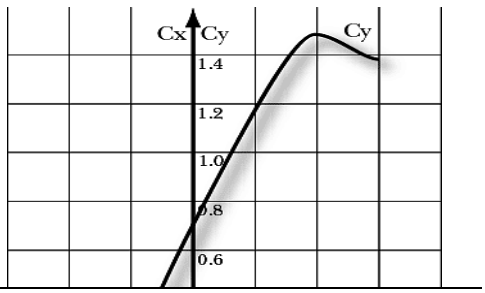


Рис. 2. Угол атаки крыла

P-воздуха(Кг/м)	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30
V(скорость- м/с)	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
C_y (коэф. 0,8-1,3)	1,10	1,20	1,30	1,35	1,40	1,40
M_0(0,2)	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20



S(м2)	0,17	0,16	0,15	0,14	0,13	0,13
g	9,82	9,82	9,82	9,82	9,82	9,82
угол	4	5,00	6	7,00	7,50	10,00

Рис. 3. Таблица и графики коэффициентов подъемной силы и силы лобового сопротивления

Моделирование

Благодаря компьютерному моделированию можно увидеть - как будет выглядеть и функционировать объект до создания физической модели. В программе Auto CAD 2013 сделана 3D модель самолета (рис. 4).

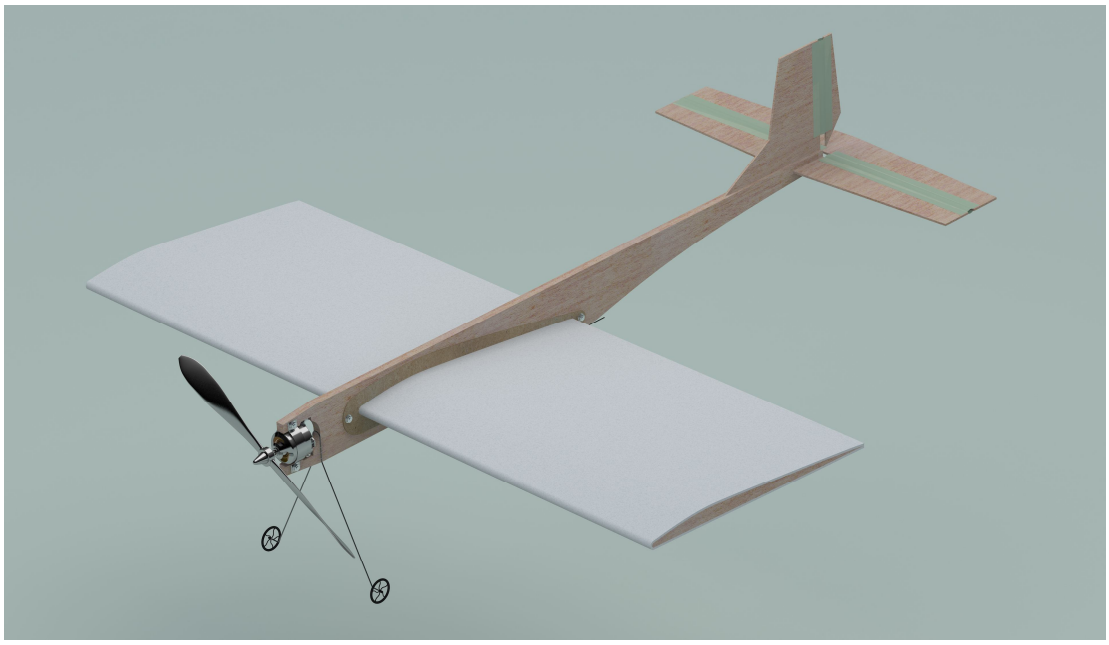


Рис. 4. 3D модель самолета

Созданная модель позволила определить примерный вес самолета, что позволило вычислить минимально допустимую площадь крыла для создания реальной модели. В качестве материала для основных деталей был выбрана бальза, имеющая достаточно малый вес, необходимую прочность и относительно низкую стоимость. Для внешнего покрытия крыла использовался легкий пластик толщиной 1,5 мм.

На основании 3D модели изготовлен набор чертежей всех деталей и сборочный чертеж, обеспечивающий возможность осуществления сборки и контроля (фрагмент на рисунке 5).

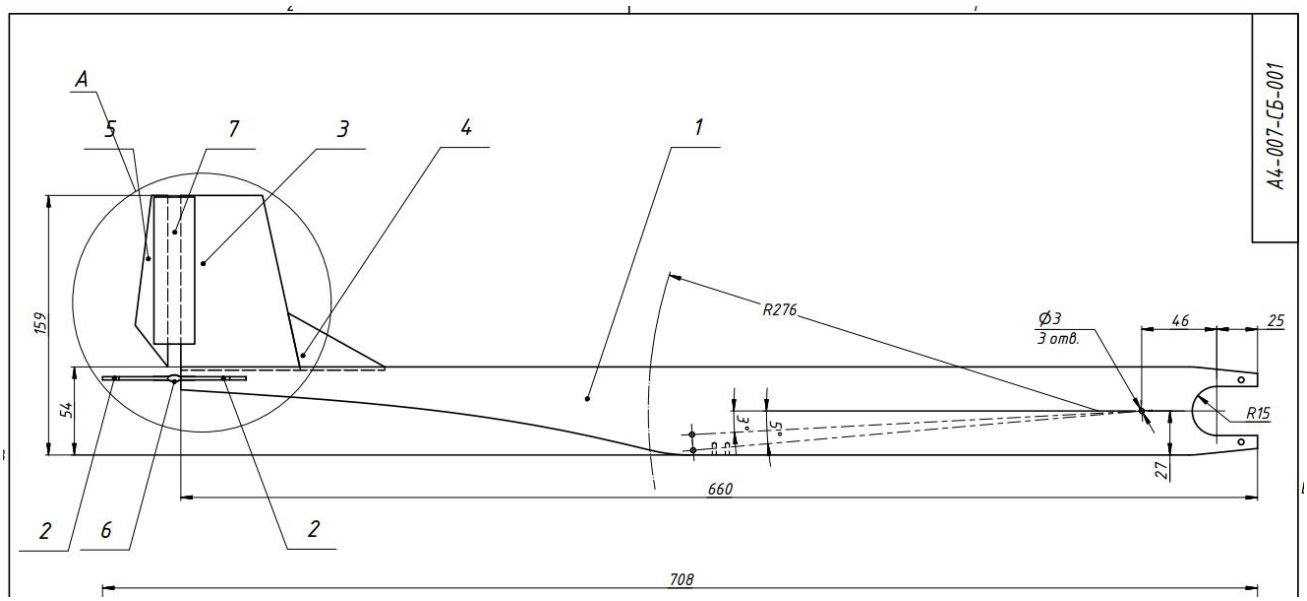


Рис. 5. Фрагмент сборочного чертежа фюзеляжа

Физическая модель

По изготовленным чертежам были вырезаны детали и выполнена сборка модели. После сборки самого крыла и его приклеивания к замыкающей нервюре, данная сборочная единица прикрепляется к фюзеляжу с помощью болтового соединения. На рис. 6 показаны вырезанные детали и то, как они соединяются между собой.

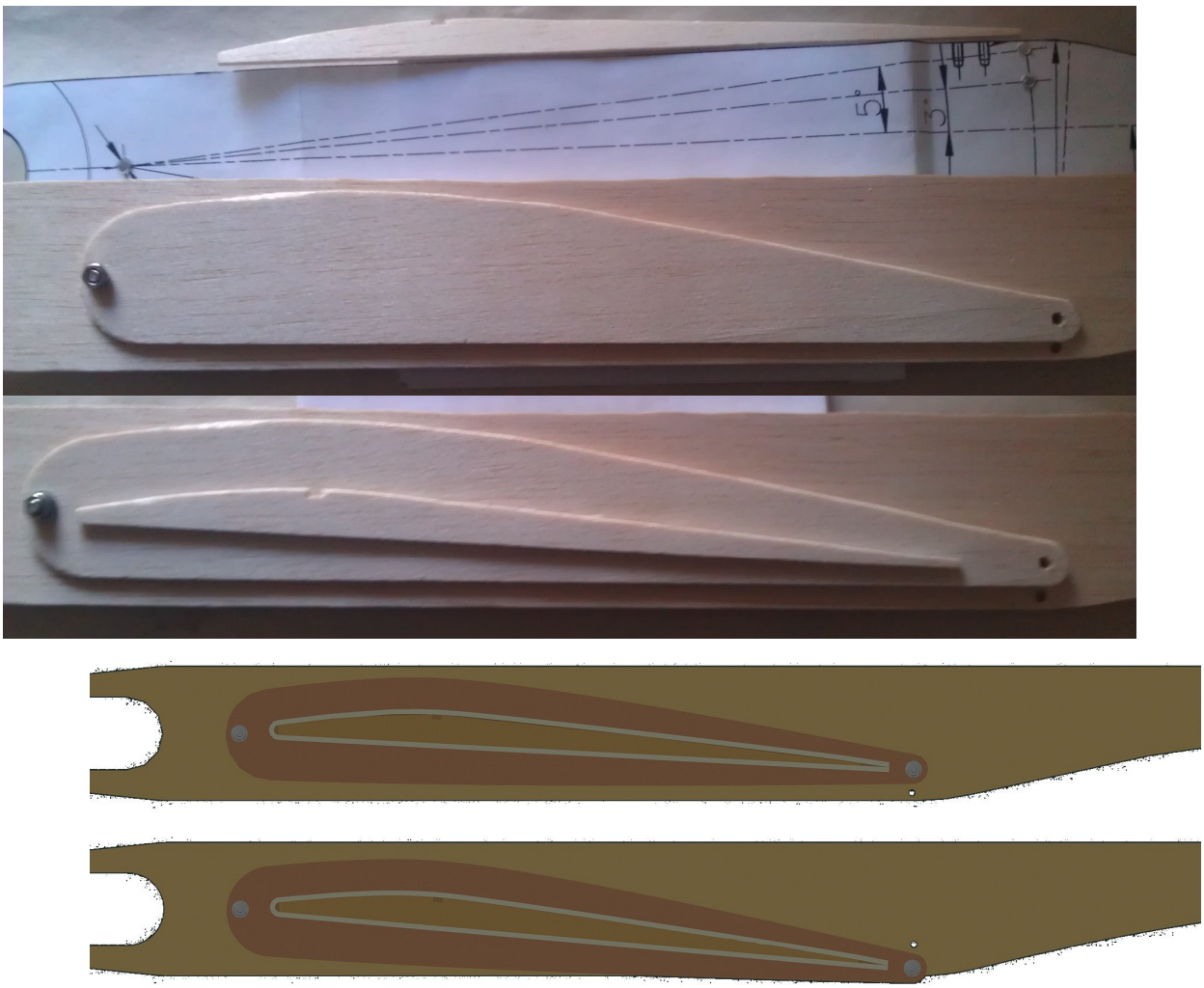


Рис. 6. Элементы модели

Главным преимуществом созданной модели является изменяющийся угол атаки крыла. Для модели выбрано два угла атаки: 4 и 5 градусов. Изменять угол атаки позволяет болтовое соединение между крылом самолета и фюзеляжем.

Управление моделью

Для осуществления управления моделью самолета были рассмотрены существующие моменты, которые действуют на самолет. Крен (Mx), тангаж (Mz), рысканье (My) (рис. 7). При создании модели было создано управление самолета по минимальным требованиям: руль высоты, руль направления. Лонжероны, образующие продольный набор крыла самолета, были изготовлены из более прочной древесины, чем бальза. Их размеры и форма были выбраны согласно требованиям по прочности конструкции крыла.

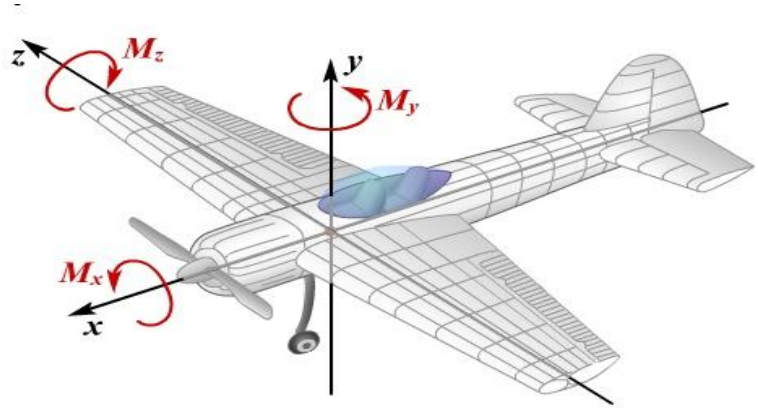


Рис. 7. Моменты, действующие на самолет

Для модели был выбран электрический мотор, благодаря своему малому весу, безопасности, простоте использования и компактности. Энергоноситель подбирался исходя из веса и размеров модели самолета. Модель прошла испытания в кордовом режиме и свободном полете на короткой дистанции.

Преимущества разработанной модели самолета:

1) Электрический двигатель питается от аккумулятора, а это безопасно и экономично.
2) Благодаря возможности изменять угол атаки крыла, можно изучать аэродинамику модели на различных скоростях, не меняя геометрию крыла,
3) Компактность модели, благодаря съемным крыльям. Это упрощает перевозку модели больших размеров.

Результаты проделанной работы:

1) Было изучено движение летательного аппарата, а именно, самолета.
2) Сделаны расчеты по площади крыла.
3) Изготовлены чертежи сборочных единиц и сборочный чертеж.
4) Разработана 3D и физическая модели самолета. Модель разработана как возможная платформа для создания летающих мехатронных роботов и средство для изучения аэродинамики летательных аппаратов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Б. Г Миронов, Р. С. Миронова, «Сборник заданий по инженерной графике» - М., «Высшая школа», 2006 г.
2. Константин Анатольевич Путилов. Курс физики т. I. М., Физматгиз, 1963 г.
3. «Черчение с основанием начертательной геометрии», под общ. Ред. Д. М. Борисова, М., «Просвещение», 1978 г.
4. Практическая аэродинамика маневренных самолетов. П69 Учебник для летного состава. Под общей редакцией Н.М. Лысенко. М., Воениздат,1997
5. «Стандартное оформление элементов деталей», Учебное пособие. – Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2007 г.