



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



ЦЕНТР ДОВУЗОВСКОЙ ПОДГОТОВКИ



«ШАГ В БУДУЩЕЕ, МОСКВА»

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

СБОРНИК ЛУЧШИХ РАБОТ

**Москва
2013**

УДК 004, 005, 51, 53, 62
ББК 22, 30, 31, 32, 34

**Научно-образовательное соревнование молодых исследователей «Шаг
НЗ4 в будущее, Москва»: Сборник лучших работ, в 2-х т.– М. : МГТУ им. Н.Э.
Баумана, 2013. - 298[2] с.: ил.**

ISBN 978-5-7038-3765-8
ISBN 978-5-7038-3792-4 (Т. 1)

При поддержке Департамента образования города Москвы в рамках Субсидии о социальном обслуживании населения города Москвы в части предоставления образовательных услуг в интересах города Москвы.

В сборник включены лучшие статьи Научно-образовательного соревнования молодых исследователей «Шаг в будущее, Москва», подготовленные школьниками в рамках конкурса проектных работ, проведенного в МГТУ им. Н.Э. Баумана. Основные направления конкурса: машиностроение, информатика, информационная безопасность, приборостроение, биомедицинские технические системы и медико-технические информационные технологии, радио-опто-электроника, фундаментальные науки, энергетика, экология, автоматизация, робототехника, инженерный бизнес и менеджмент, образовательно-реабилитационные технологии.

УДК 004, 005, 51, 53, 62
ББК 22, 30, 31, 32, 34

Все материалы сборника публикуются в авторской редакции.

ISBN 978-5-7038-3765-8
ISBN 978-5-7038-3792-4 (Т. 1)

© МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2013

ДОРОГИЕ ДРУЗЬЯ!

Вы держите в руках сборник, в который вошли лучшие статьи участников Научно-образовательного соревнования молодых исследователей «Шаг в будущее, Москва», проходившего 18-21 марта 2013 года в МГТУ им. Н.Э. Баумана. Статьи подготовлены школьниками в рамках конкурса проектных работ и публикуются в авторской редакции.

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

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

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

Баумана, научно-методические совещания и семинары для профессиональных работников, другие интеллектуальные и творческие мероприятия.

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

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

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

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

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

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

СОДЕРЖАНИЕ:

СЕКЦИЯ I. Машиностроительные технологии	8
<i>Артамонов М.Д., Алимов А.И.</i> Исследование формоизменения заготовки в процессе ее прошивки пустотелым прошивным методом конечных элементов	8
<i>Белозор В.Е., Волков С.С.</i> Тепловые процессы при сварке трением вращающимся инструментом пластмасс	17
<i>Генералова В.А., Шевченко С.Ю.</i> Исследование микроструктуры тиксозаготовок из литейного алюминиевого сплава АК7	27
<i>Гмызина М.А., Панфилов Ю.В., Тушенцова Е.Н.</i> Исследование антидиффузионного покрытия Ti в термоэлектрических модулях	36
<i>Данько А.М., Брылев А.В.</i> Оптимизация выбора свёрл для обработки гладких цилиндрических отверстий разного диаметра по критерию минимального времени обработки	44
<i>Ильина В.В., Смирнова Н.А.</i> Упрочнение поверхности заготовки из конструкционной стали 40Х излучением волоконного лазера	55
<i>Комкова О.Е., Терехова Н.Ю.</i> Средство повышения индивидуальной мобильности	64
<i>Мельников А.И., Мандрик А.А.</i> Исследование вентиляционных систем пресс-форм для литья пластмасс под давлением	79
<i>Росляков А.В., Комкова Т.Ю.</i> Исследование процесса производства полых анкерных свай с наружной резьбой	89
<i>Тялина Д.А., Мельников Э.Л.</i> Разработка безызносных узлов машин и механизмов XXI века на основе металлоплакирования поверхностей трения	101
СЕКЦИЯ II. Информатика и системы управления	120
<i>Евтухов А.А., Андреев А.М.</i> Подсистема автоматического слежения за транспортными средствами	120
<i>Кайзер Г.О., Рогова Е.А.</i> Интеллектуальный акватеррариум для красноухой черепахи	126
<i>Кобызев В.С., Ревунков Г.И.</i> Автоматизация турбизнеса	141

<i>Лавренова Е.А.</i> Создание корпоративной информационно-аналитической системы для управления обучающим процессом	153
<i>Нечаев А.А., Ковалева Н.А.</i> Веб-портал управления умным домом	163
<i>Сафаров М.А., Яшин Е.В.; Аитов И.Л.</i> Многофункциональный прибор для демонстрации и изучения электрических явлений	174
<i>Спасенкин Е.А., Аристов Б.К.</i> Использование машинного зрения для управления компьютером	187
СЕКЦИЯ III. Системы безопасности	192
<i>Беляков И.А., Бонч-Бруевич А. М.</i> Дискретное вейвлет преобразование сигнала	192
<i>Васильева А.И., Бонч-Бруевич А.М.</i> Оценка чувствительности MEMS-акселерометра, входящего в состав отладочного набора STM32F4-DISCOVERY	198
<i>Каллистова Н.Д., Матвеев В.А.</i> Метод Гаусса для решения систем линейных уравнений	205
<i>Панкова Е.М., Федоров А.К., Аносов В.Д.</i> Математическое моделирование квантового распределения ключа при шифровании с помощью one-time pad	213
<i>Царева М.А., Басараб М.А.</i> Применение генераторов случайных чисел на основе хаотических алгоритмов в задачах информационной безопасности	219
СЕКЦИЯ IV. Приборостроение	226
<i>Сигалева П.Н., Лаптева Т.Н.</i> Навигация домашнего робота	226
СЕКЦИЯ V. Радио-опто-электроника	235
<i>Андроняк А.П., Мыкольников Я.В.</i> Микроконтроллерная система управления пробуждением	235
<i>Бушунов А.А., Аникьев А.А.</i> Дифракция света на разнопериодных решетках	247
<i>Русинова К.Э., Одинокоев С.Б.</i> Мультигигабайтный голографический диск с оптической системой памяти	256

<i>Синавчиан В.С., Синавчиан С.Н.</i> Анализ работы систем охлаждения компьютера	267
СЕКЦИЯ VI. Биомедицинская техника	276
<i>Гаврилов Г.Е., Кудашов И.А.</i> Разработка универсальной электродной системы для проведения импедансных измерений	276
<i>Новохионов А.А., Петрук В.И.</i> Исследование биометрической аутентификации по 3D-изображению лица	289

СЕКЦИЯ I. Машиностроительные технологии**Исследование формоизменения заготовки в процессе ее
прошивки пустотелым прошивным методом конечных
элементов**

*АРТАМОНОВ Михаил Дмитриевич
г. Москва, МБОУ СОШ №6, 11 класс*

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

Исследование формоизменения материалов имеет большое значение в наше время. Во-первых, исследуя формоизменения, можно ответить на многие вопросы, например: какие размеры будут у тела после окончания деформирования; какова будет температура тела и т.д., не применяя каких-либо физических воздействий над телом. Во-вторых, эти исследования являются главным этапом при создании нового изделия. С появлением ЭВМ этот процесс стал на много проще. Сейчас всевозможные вычисления и исследования, которые до появления ЭВМ выполнялись человеком, выполняют разные компьютерные программы. Я провел исследования процесса прошивки полым прошивным в одной из таких программ – QForm.

Также я рассмотрел основные виды обработки металлов давлением и основные кузнечные операции.

Цель моей работы заключается в том, чтобы исследовать процесс прошивки пустотелым прошивнем методом конечных элементов и полученные результаты сравнить с экспериментальными данными. А задачи, которые я поставил перед собой – это изучить процесс прошивки полым прошивнем; изучить стадийность процесса прошивки полым прошивнем; исследовать прошивку полым прошивнем с помощью компьютерной программы QForm и провести анализ полученных данных.

Я считаю, что моделирование с помощью компьютерных программ весьма актуально в наше время и позволяет снизить затраты на исследование и проектирование различных процессов обработки металлов.

Прошивка – основная операцияковки, посредством которой в заготовке получают отверстие (сквозная прошивка) или углубление (несквозная прошивка). Прошивка осуществляется с помощью инструмента — прошивня (или пуансона, дорна). Форма поперечного сечения прошивня принимается в соответствии с формой отверстия или углубления, которое необходимо сделать в заготовке. Обычно это круг. С помощью прошивки полым прошивнем, удаляют дефектную осевую зону у слитков, изготавливают кольцевые детали, полые детали вращения, изготавливают толстостенные трубы.

Я ознакомился со статьей доктора технических наук А.Л. Воронцова (МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва) в журнале «Кузнечно-штамповочное производство». В этой статье выполнен теоретический анализ прошивки полым прошивнем и приведены примеры заготовок с размерами, над которыми и проводились исследования. Всего примеров эксперимента в статье было десять.

Эксперименты Воронцова производились на обезжиренных заготовках из свинца, мои же исследования проводились на материале, близком по свойствам к свинцу. Также я подобрал средний фактор трения путем моделирования всех заготовок с подходящим фактором трения для каждой и вычислением среднего арифметического из них. При таком факторе трения получились минимальные различия по внешним параметрам (рис. 1).

Далее я сравнил полученные мною результаты с результатами из статьи:

максимальный диаметр поковки (D) (рис. 2),
расчетный диаметр и диаметр при моделировании (рис. 3),
высоту поковки (H) (рис. 4),
расчетную высоту и высоту при моделировании (рис. 5),
высоту стержня ($h_{ст}$) (рис. 6),
расчетную высоту стержня и высоту стержня при моделировании (рис. 7),
относительную удельную силу (q п.п.) (рис. 8),

расчетную удельную силу и удельную силу при моделировании (рис. 9).

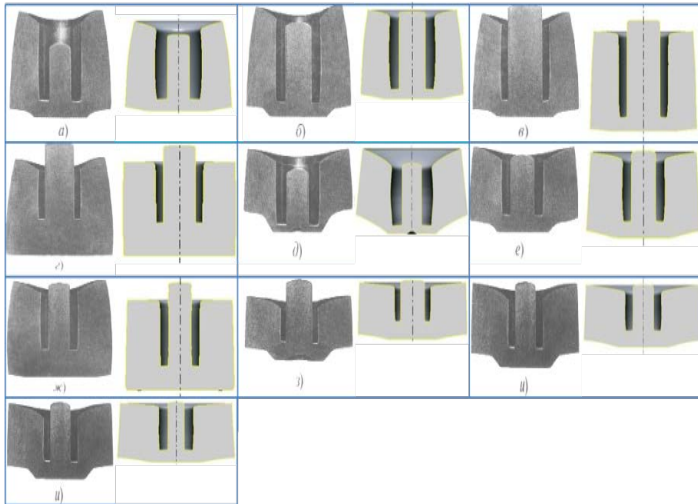


Рис. 1. Результаты эксперимента: слева - в каждой ячейке результат эксперимента Воронцова, справа – мой.

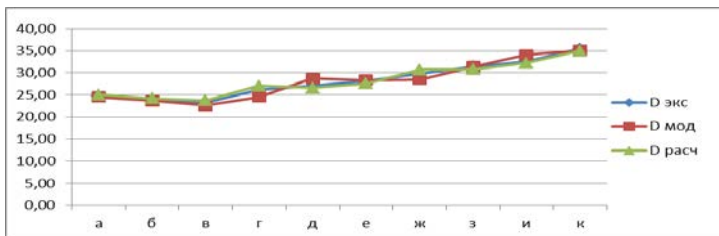


Рис. 2. Максимальный диаметр поковки: D экс — диаметр поковки, полученной экспериментом, D мод — диаметр поковки, полученной моделированием, D расч. — диаметр поковки, полученной в результате теоритических вычислений А.Л. Воронцовым.

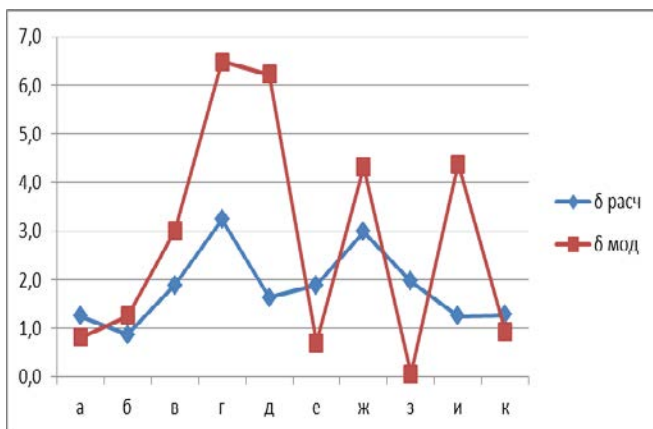


Рис. 3. График сравнения ошибки расчетного диаметра и диаметра при моделировании (δ), %.

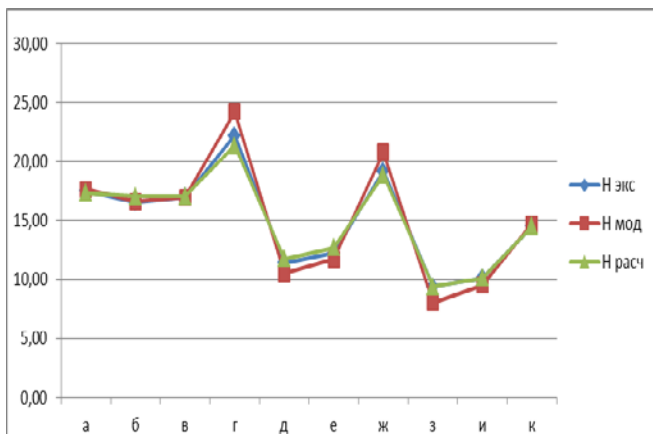


Рис. 4. Высота поковки (Н): Н экс — высота поковки, полученной экспериментом, Н мод — высота поковки, полученной моделированием, Н расч — высота поковки, полученной в результате теоритических вычислений А.Л. Воронцовым.

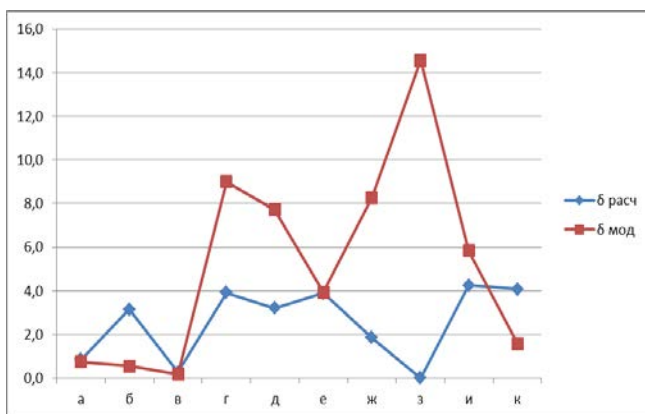


Рис. 5. График сравнения ошибки расчетной высоты и высоты при моделировании (δ), %.

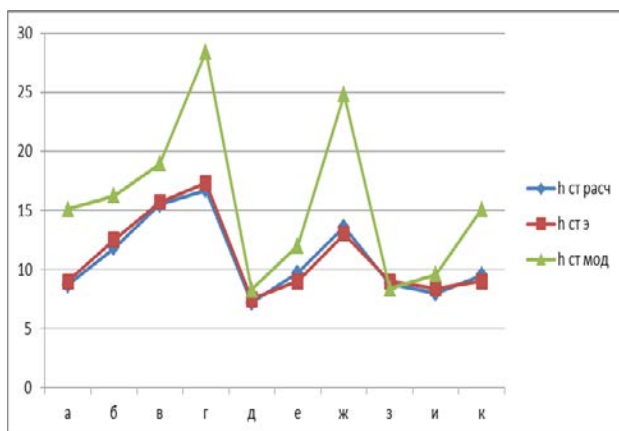


Рис. 6. Высота стержня ($h_{ст}$): $h_{ст}$ э — высота стержня поковки, полученной экспериментом, $h_{ст}$ мод — высота стержня поковки, полученной моделированием, $h_{ст}$ расч — высота стержня поковки, полученной в результате теоретических вычислений А.Л. Воронцовым.

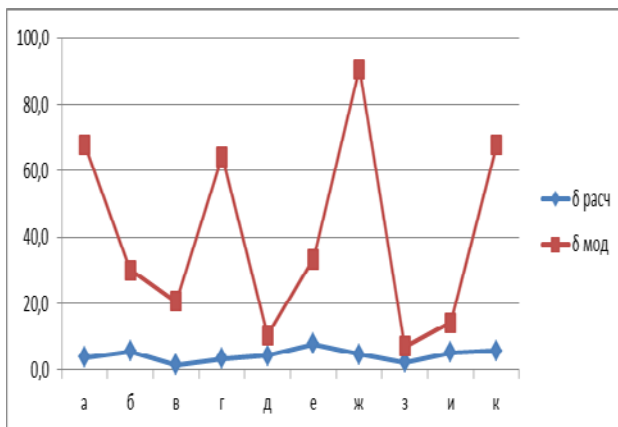


Рис. 7. График сравнения ошибки расчетной высоты стержня и высоты стержня при моделировании (δ), %.

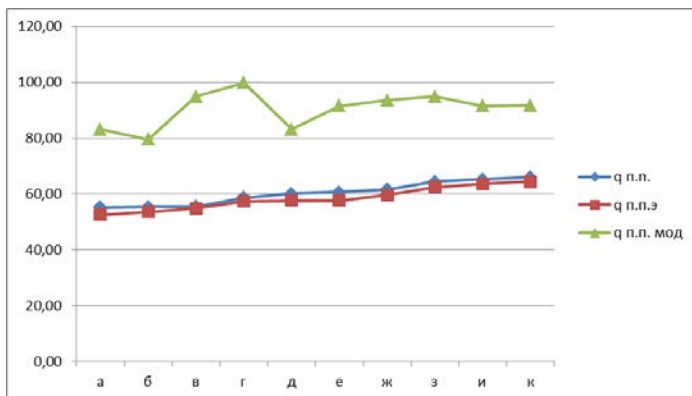


Рис. 8. Относительная удельная сила (q п.п.): q п.п. э — относительная удельная сила, полученная при эксперименте, q п.п. мод — относительная удельная сила, полученная при моделировании, q п.п. расч — относительная удельная сила, полученная в результате теоретических вычислений А.Л. Воронцовым.

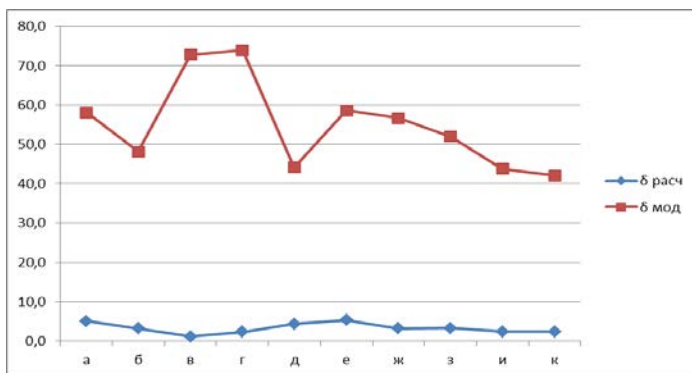


Рис. 9. График сравнения ошибки расчетной удельной силы и удельной силы при моделировании (δ), %.

Судя по графикам можно сделать вывод, что:

- ошибка в определении максимального диаметра и высоты не превышает 15%, что укладывается в рамки инженерных расчетов;
- ошибка высоты стержня значительно выше при моделировании, чем при расчетах и составляет примерно от 7% до 90%. Возможно это объясняется сложным характером трения на контактных поверхностях и различием в свойствах моей модели материала и материала, взятого А.Л. Воронцовым;
- ошибка относительной удельной силы при моделировании тоже выше и составляет 45,1% – 73,9%. Это также можно объяснить тем, что выбранная мною модель материала при моделировании по свойствам не похожа на материал, расчеты над которым проводил А.Л. Воронцов.

Вывод: Мною исследован процесс прошивки полым прошивнем методом конечных элементов, при помощи программы QForm. Полученные результаты сравнил с результатами из статьи А.Л. Воронцова, которые он получил, рассчитав теоретически. Я сравнил такие параметры, как максимальный диаметр поковки, максимальная высота поковки, высота стержня и относительная удельная сила при прошивке.

Я считаю, что моделирование, в отличие от расчетов и экспериментов, позволяет снизить затраты на исследование тех или иных процессов обработки металлов. Порой люди способны допускать ошибки, поэтому моделирование с помощью компьютерных программ является более точным способом проектирования деталей.

Литература:

1. Евсюков С.А. Основы технологии получения поковок;
2. Хензель А., Шпиттель Т. Расчет энергосиловых параметров в процессах обработки металлов давлением.
3. Журнал «Кузнечно-штамповочное производство».

**Тепловые процессы при сварке трением вращающимся
инструментом пластмасс**

БЕЛОЗОР Владислав Евгеньевич

г. Москва, ГБОУ СОШ №310, 11 класс

Научный руководитель:

Волков Станислав Степанович

к.т.н., профессор кафедры

«Технологии сварки и диагностики»

МГТУ им. Н.Э. Баумана.

Сварка трением вращающимся инструментом представляет собой процесс образования неразъемного соединения без расплавления за счет нагрева пластмасс свариваемых кромок до пластического состояния и его перемешивания вращающимся сварочным инструментом. Основной отличительной чертой процесса сварки трением вращающимся инструментом является то, что сварка проходит в твердой фазе, т.е. материал свариваемых пластмассовых изделий не плавится, а находится в вязкотекучем состоянии. Это дает процессу сварки трением вращающимся инструментом значительные преимущества по сравнению с традиционной сваркой плавлением: отсутствие горячих, холодных трещин и парообразование, возможность сварки трудносвариваемых материалов, таких как капролон, полиамид, фторопласт и на их основе композиционных материалов, в том числе и в различных их сочетаниях.

Сварка трением гигиенична (отсутствуют газовые выделения и лучеиспускания), процесс легко механизировать и автоматизировать, а

оборудование для сварки трением успешно встраивается в механизированные и автоматизированные поточные линии.

Установлены и экспериментально проверены основные закономерности процесса сварки трением, выявлены его главные параметры: скорость вращения, давления нагрева и проковки и время нагрева, а также характер их влияния на свойства получаемого сварного соединения.

Установлено, что в техническом и экономическом отношениях наиболее целесообразно и перспективно использовать сварку трением:

- при изготовлении деталей круглого сечения и ступенчатого по длине профиля;

- при сварке заготовок из разнородных материалов (обладающих несовпадающими теплофизическими характеристиками и вследствие этого плохо соединяющихся между собой с помощью других видов сварки);

- при изготовлении изделий из термопластов и полимерных композиционных материалов, спроектированных специально под сварку трением вращающимся инструментом.

Одной из проблем, связанных с промышленным применением процесса сварки трением вращающимся инструментом является его малая изученность и отсутствие четких рекомендаций по назначению режима сварки для данного конкретного материала, толщина изделия и сварного инструмента. В настоящее время подбор режимов сварки, как правило, осуществляется методом проб и ошибок, что требует

больших материальных и временных затрат и, кроме того, не позволяет определить оптимальные параметры процесса. В связи с этим предлагается определить оптимальные режимы сварки.

Для того чтобы измерить параметры сварки и фиксировать их, необходимо конкретное специальное сборочно-сварочное приспособление. После чего на этом приспособлении можно будет вести закономерности протекания процесса и на их основе выбирать параметры сварки трением вращающимся инструментом под конкретную задачу.

Для получения качественного сварного соединения необходимо знать процессы, происходящие в шве и факторы, влияющие на его формирование. Обладая данной информацией, можно вести наблюдение за швом в реальном времени, регистрировать измеряемые величины для последующего анализа.

Диапазон изменения режимов для исследования будет следующим:

- толщина свариваемого металла – 2...4 мм;
- частота вращения инструмента – 800...1000 об/сек;
- скорость сварки – 150...250 мм/мин;
- осевое усилие – 800...1100 Кгс.

Эксперименты проводились на сборочно-сварочном приспособлении, разработанном на кафедре «Технологии сварки и диагностики», с использованием модернизированного вертикального фрезерного станка. Сборочно-сварочное приспособление для сварки

трением вращающимся инструментом состоит из следующих частиц (рис. 1).

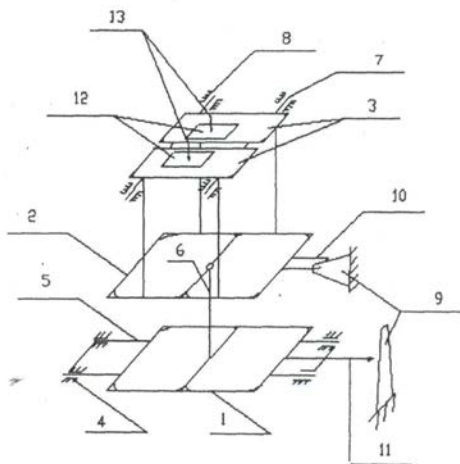


Рис. 1. Схема сборочно-сварочного приспособления для сварки трением вращающимся инструментом:

- 1 – Нижняя плита (продольное перемещение)
- 2 – Центральная плита (поворотная)
- 3 – Верхние плиты (поперечное перемещение)
- 4 – Направляющие нижней плиты
- 5 – Опора для направляющих (4)
- 6 – Ось вращения поворотной плиты
- 7 – Направляющие для верхних плит
- 8 – Опоры верхних плит
- 9 – Балки постоянного сопротивления
- 10 – Упоры
- 11 – Толкатель
- 12 – Заготовки
- 13 – Прижимы заготовок.

Для проведения экспериментов в качестве материала образцов был выбран капролон. Экспериментальная пластина имела длину 180 мм, ширину 90 мм и толщину 9 мм. Эксперименты проводились на одной пластине по типу наплавки валика. При этом сварка велась не на всю толщину пластины.

При проведении экспериментов сварка велась со скоростью 160 мм/мин при скорости вращения инструмента 800 об/мин. Угол наклона инструмента относительно вертикальной оси составлял 2°. Глубина погружения не измерялась.

В процессе сварки температура пластины замерялась термопарой диаметром 0,5 мм (хромель-алюмель), зачеканенной на глубину 1 мм на верхней поверхности пластины в точке, расположенной на расстоянии 90 мм от начала шва в 15 мм от линии сварки на опережающей стороне шва.

Для определения мощности, потребляемой трехфазным асинхронным двигателем шпинделя станка, во время сварки измерялась сила тока в одной из фаз двигателя [1].

Во время сварки среднее значение силы тока двигателя шпинделя станка равнялось 7 А. Считая, что КПД двигателя равен 0,8 и напряжение в трехфазной сети составляет 380 В, можно вычислить полезную мощность, потребляемую двигателем P :

$$P = \sqrt{3} \cdot \eta \cdot I \cdot U = \sqrt{3} \cdot 0,8 \cdot 7 \cdot 380 = 3686 \text{ Вт}$$

Стоит отметить, что полная мощность, потребляемая станком, и соответственно с учетом КПД вводимая в зону сварки при сварке трением складывается из двух составляющих:

$$P = M_{\zeta} \cdot \omega + F_x \cdot V$$

где M_{ζ} – это вращающий момент на шпинделе станка;

ω – это скорость вращения инструмента;

F_x – продольное усилие при сварке;

V – скорость сварки.

Вклад силы F_x в полную мощность составляет менее 1%, поэтому мы им пренебрегаем и учитываем только мощность, потребляемую шпинделем станка.

Конечно-элементная модель строилась в программном комплексе «СВАРКА» разработанном в лаборатории «Свариваемость, надежность и ресурс сварных конструкций» кафедры «Технологии сварки и диагностики» МГТУ им. Н. Э. Баумана [2,3].

В данном случае полная мощность теплового источника относится к входным параметрам модели и определяется экспериментальным путем. При этом значение мощности, полученное в результате эксперимента, будет отличаться от значения, вводимого в расчетную модель. Кроме того полученную мощность требуется уменьшить вдвое, поскольку мы рассматриваем только половину свариваемой пластины, накладывая на плоскость раздела адиабатическую границу. Таким образом, при измененной в ходе

эксперимента полезной мощности $P_{\text{эксп}} = 3686$ Вт, реальное значение, вводимое в расчетную модель, будет составлять $P_{\text{мод}} = 1843$ Вт. Поперечное сечение геометрической модели включает в себя пластину, опорную плиту и переходный слой между пластиной и плитой толщиной 2,2 мм. При этом переходный слой разделен на две области: находящуюся непосредственно под инструментом (на рис. 2 более темная) и находящуюся на некотором удалении от него (на рис. 2 более светлая).



Рис. 2. Поперечное сечение геометрической модели.

Максимальная температура в контрольной точке сварочного термического цикла (СТЦ), который представлен на рис. 3 составила 281°C , что хорошо согласуется с результатами эксперимента (295°C). Однако стоит отметить, что совпадение расчетной и замеренной температур может быть случайным совпадением. Кроме того вполне вероятно, что расчетная температура других точек (например, лежащих ближе к оси сварки

или на обратной стороне пластины) будет отличаться от реальной на значительно большую величину.

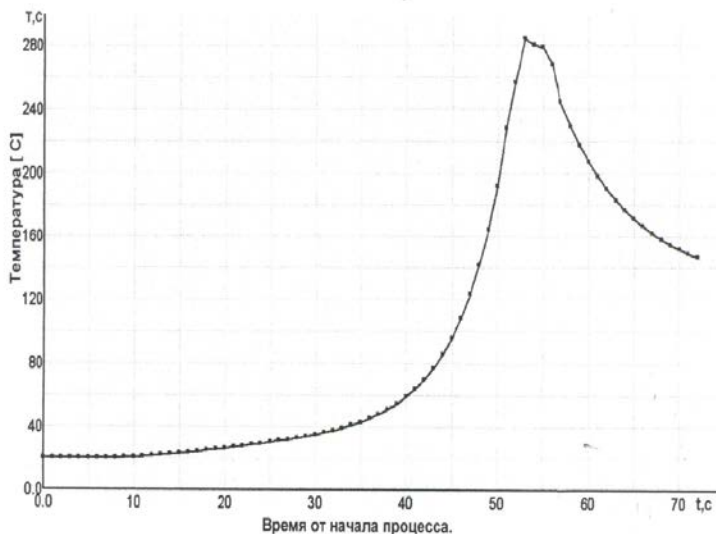


Рис. 3. Сварной термический цикл в точке, находящейся на верхней поверхности пластины на расстоянии 3 мм от опорного бурта.

Мы предполагаем, что в процессе сварки трением вращающимся инструментом качественное сварное соединение формируется при достаточной степени пластификации капролона в зоне перемещения. Для капролона температурой, при которой происходит хорошая пластификация, считается температура, превышающая 200°C , при которой предел текучести материала составляет менее 15 МПа. В результате проведенных экспериментов на кафедре «Технологии

сварки и диагностики» мы считаем, что параметры процесса сварки, при которых достигается высокое качество соединения при максимальной производительности, должны обеспечивать нагрев капролона в зоне перемешивания температуры не ниже, но максимально близкой к 200° С. Нагрев металла зоны перемешивания ниже указанной температуры приведет к его недостаточной пластификации, следовательно, перенос материала будет затруднен и качество полученного сварного соединения будет неудовлетворительным. Чрезмерный же нагрев материала образцов вызовет рост зерна, разупрочнение материала и снижение прочностных свойств сварных соединений.

Выводы:

1. В результате установлено, что на стадии нагрева свариваемых изделий основными технологическими параметрами режима сварки трением вращающимся инструментом являются: скорость вращения и движения инструмента, усилие прижатия (давление) инструмента к свариваемым изделиям, время трения (время нагрева изделий), форма стержня, частота вращения инструмента, угол наклона инструмента и его размеры.

2. В работе предложена методика, позволяющая с помощью разработанной тепловой модели определять оптимальные параметры режима сварки трением вращающимся инструментом, обеспечивающие высокое качество сварного шва при максимальной производительности.

3. Проведенные эксперименты по сварке трением вращающимся инструментом с замером температур свариваемых изделий в процессе сварки показали, что этот метод отличается простотой технологического процесса, малыми энергозатратами, а также не требует специальных разделок свариваемых кромок.

4. В ходе выполнения работы была построена тепловая модель процесса сварки трением вращающимся инструментом.

5. В работе показано, что в процессе сварки трением с перемешиванием качественное сварное соединения формируется при достаточной степени пластификации металла в зоне перемешивания.

Литература:

1. Виль В.И. Сварка металлов трением. - Л.: Машиностроение, 1975 г. - 175 с.
2. Николаев Г.А., Ольшанский Н.А. Специальные методы сварки. Учебное пособие для студентов вузов. - М.: Машиностроение, 1975 г. - 232 с.
3. Волков С.С., Черняк Б.Я. Сварка пластмасс ультразвуком. - М.: Химия, 1986 г. - 256 с.

**Исследование микроструктуры тиксозаготовок из
литейного алюминиевого сплава АК7**

*ГЕНЕРАЛОВА Валентина Анатольевна
г. Москва, ГБОУ СОШ № 1216, 11 класс*

*Научный руководитель:
Шевченко Светлана Юрьевна,
к.т.н., доцент кафедры
«Материаловедение»
МГТУ им. Н.Э. Баумана.*

В последние десятилетия в заготовительных производствах резко возрос интерес к технологиям, в которых формообразование осуществляется из сплавов, находящихся в двухфазном (твердожидком) состоянии при обязательном наличии в расплаве определенной доли твердой фазы. Главная особенность таких технологий (тиксотехнологий) – использование новых качеств металлов и сплавов, которые они способны проявлять в твердожидком состоянии.

Тиксолитье – это один из способов придания нужной формы твёрдо-жидкому металлу. В процессе тиксолитья металлы и сплавы нагреваются до температуры перехода от твердого состояния к жидкому; здесь достигается тиксотропное состояние, при котором уменьшается вязкость материала. В результате металл под незначительным давлением способен принять нужную форму – становится возможным получение деталей весьма сложных

конфигураций. Для проявления тиксотропных свойств частицы твердой фазы в сплаве должны иметь глобулярную форму.

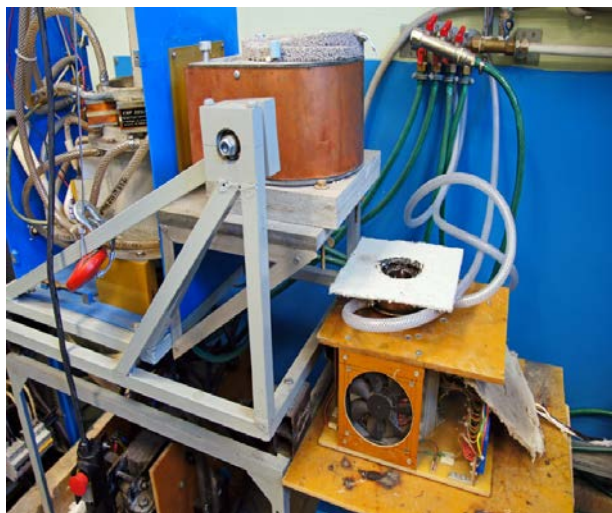
Целью работы является получение микроструктуры заготовок для тиксолиття из алюминиевого литейного сплава АК7 с глобулярной микроструктурой. В работе решали следующие задачи:

- получение заготовок в различных условиях кристаллизации;
- оценка размеров и формы зерна в тиксозаготовках;
- исследование однородности микроструктуры по сечению тиксозаготовок.

Литейный сплав АК7 входит в группу сплавов на основе системы алюминий-кремний является наиболее часто используемым из литейных сплавов. Это обусловлено его невысокой ценой по сравнению со сплавами других марок. В сплаве содержится примерно 7 % кремния, а также магний и марганец.

Получение тиксозаготовок проводили на установке экспериментального литья с кристаллизацией под воздействием электромагнитного поля на расплав, созданной в учебно-научной лаборатории полупроводниковой техники и электротехнологий Уральского федерального университета им. Б.Н. Ельцина (г. Екатеринбург) (рис. 1).

При получении заготовок изменяли температуру расплава, частоту поля и время перемешивания. Был составлен план



а)



б)

Рис. 1. Установка для получения отливок (а) и готовые отливки (б).

эксперимента, и образцы из сплава АК7, исследованные в работе, являлись частью этого плана (табл. 1). Полученные тиксозаготовки

имели диаметр 40 мм и длину 150 мм. Микроструктуру исследовали на оптическом микроскопе Olympus GX51. Обработку изображений проводили с помощью микроскопа Carl Zeiss AxioObserver.D1m и программы Thixomet Pro. Оценивали размер зерна и пор. Фактор формы зерна α -фазы определяли по формуле,

$$F = \frac{4\pi S}{P^2}$$

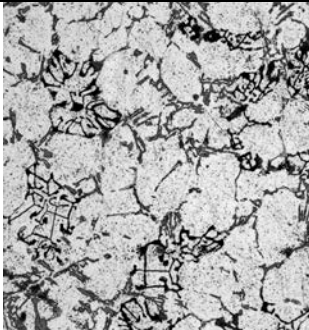
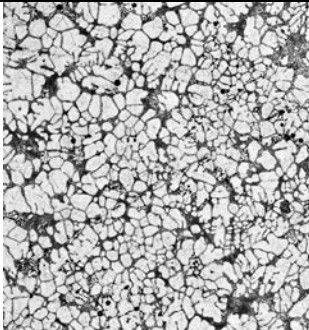
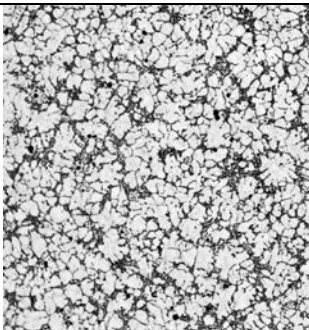
где S – площадь зерна, P – периметр.

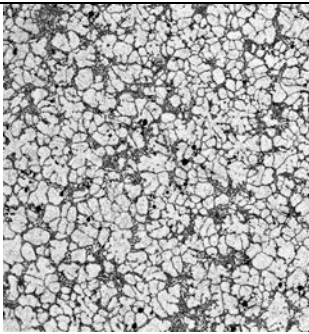
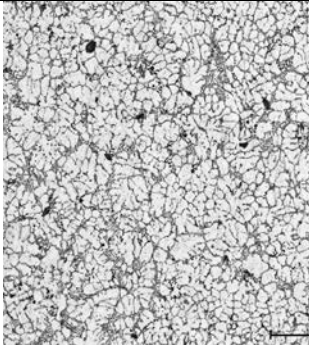
Размер зерна по сравнению с исходным образцом (чушка из сплава АК7, полученная с металлургического завода) уменьшился практически в 2 раза. Фактор формы несколько увеличился. Наибольший фактор формы (0,42) наблюдается в заготовке, разлитой с наибольшей температуры, а также в заготовке, полученной с перемешиванием (табл. 2).

Таблица 1. Переменные условия кристаллизации расплава.

№ образца	Температура расплава, °С	Время перемешивания, с	Частота поля перемешивателя, Гц
1	636	0	50
3	666	0	80
6	656	40	70
8	646	40	60

Таблица 2. Микроструктура образцов и ее характеристика.

№ образца	Фото	Размер зерна, мкм	Фактор формы
Исх.		40,33	$0,32 \pm 0,14$
1		22,93	$0,41 \pm 0,16$
3		21,08	$0,42 \pm 0,15$

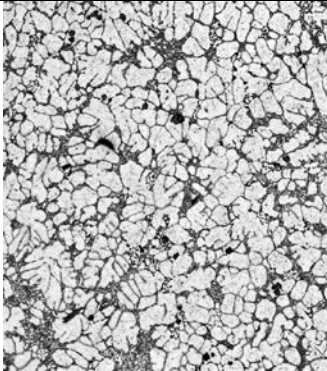
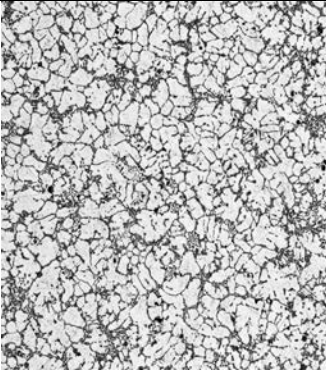
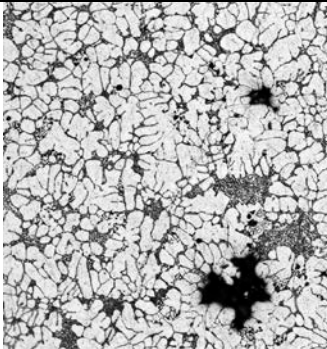
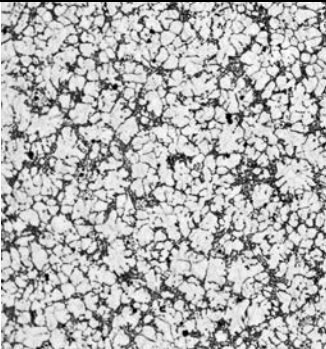
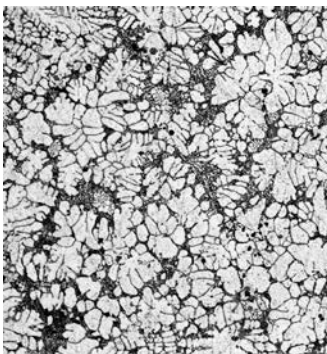
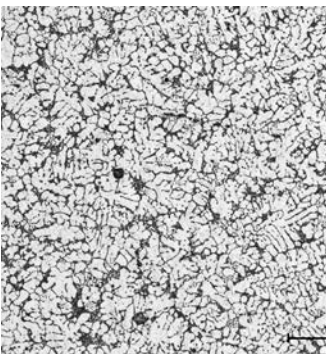
6		28,45	$0,37 \pm 0,15$
8		20,08	$0,42 \pm 0,16$

Продолжение табл. 2.

Оценка однородности микроструктуры.

На краю слитка зерно более мелкое, т.к. там было более быстрое охлаждение, а в целом по сечению микроструктура слитка достаточно однородна (табл. 3).

Таблица 3. Микроструктура образца № 3.

	Центр	Край
Верх		
Середина		
Низ		

Выводы:

1. Размер зерна в экспериментальных отливках уменьшился вдвое по сравнению с исходным состоянием.
2. Фактор формы несколько увеличился, т.е. структура стала ближе к глобулярной. Наилучший результат получился, когда температура расплава составляла 636°C и перемешивание расплава не проводилось.
3. Получена достаточно однородная микроструктура по сечению тиксозаготовок.

Литература:

1. Б. И. Семенов, К. М. Куштаров. Производство изделий из металла в твердодожидком состоянии. – М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана. - 2010. - 223 с.
2. К.М. Куштаров, Б.И. Семенов, Ж.Х. Сонг. Производство специализированных тиксозаготовок с тиксоструктурой с использованием синергетических методов управления // Сб. трудов 4-го Международного междисциплинарного симпозиума «Фракталы и прикладная синергетика «ФиПС-2005». - М. - 2005. - С. 171-175.
3. Турбоиндукционный плавно-литейный комплекс для получения композитных сплавов / Перов А.Ю., Лузгин В.И.,

Сарапулов Ф.Н., Фризен В.Э. // Индукционный нагрев. – 2011. – № 4 (18). – С. 32-36.

4. Бродский В.З. Введение в факторное планирование эксперимента. – М.: Наука. – 1976. – 224 с.

5. C.G. Kang, S.M. Lee. Effect of Solid Fraction and Pressure on Microstructure and Mechanical Properties and Reduction in Liquid Segregation in the Thixo-Die-Casting Process with Al - 7 Pct Si Alloy // Metallurgical And Materials Transactions A. – 2008 – Vol. 39A. – P. 1213-1224.

Исследование антидиффузионного покрытия Ti в термоэлектрических модулях

ГМЫЗИНА Мария Александровна

г. Москва, ГБОУ гимназия №1517, 11 класс

Научный руководитель:

Панфилов Юрий Васильевич,

*д.т.н., профессор кафедры «Электронные
технологии в машиностроении»*

МГТУ им. Н.Э. Баумана

Термоэлектрический модуль является уникальным устройством по преобразованию электрической и тепловой энергии. Он позволяет осуществлять как прямое преобразование энергии (из электрической в тепловую) – режимы охлаждения или нагрева, так и обратное преобразование – режим генерации электрической энергии. Термоэлектрический модуль может также использоваться как устройство для измерения температуры или потока тепловой энергии.

В основе работы термоэлектрического охлаждающего модуля лежит эффект, открытый в 1834 г. Жаном Пельтье, который обнаружил, что при протекании электрического тока в цепи, состоящей из разнородных проводников, в местах контактов проводников поглощается или выделяется теплота. Наиболее сильно эффект Пельтье в р-п переходе (рис. 1).

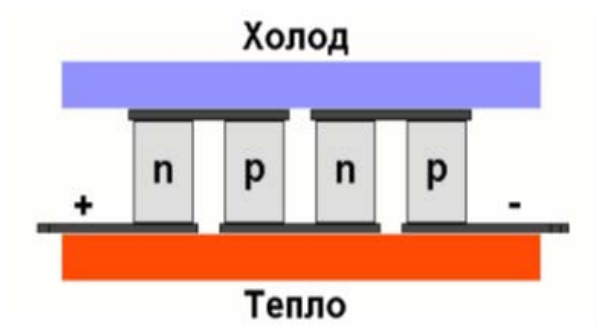


Рис. 1. Действие эффекта Пельтье при протекании тока через полупроводники р- и n-типов проводимости.

Единичным элементом ТЭМ является термопара, состоящая из одного проводника р-типа и одного проводника n-типа. Термоэлектрический модуль представляет собой совокупность таких термопар, обычно соединяемых между собой последовательно по току и параллельно по потоку теплоты. Термопары помещаются между двух плоских керамических пластин (рис. 2). Количество термопар может изменяться в широких пределах - от нескольких единиц до тысяч пар, что позволяет создавать ТЭМ с холодильной мощностью от десятых долей ватт до сотен ватт. Наибольшей термоэлектрической эффективностью среди промышленно используемых для изготовления ТЭМ материалов обладает теллурид висмута, в который для получения необходимого типа и параметров проводимости добавляют специальные примеси.

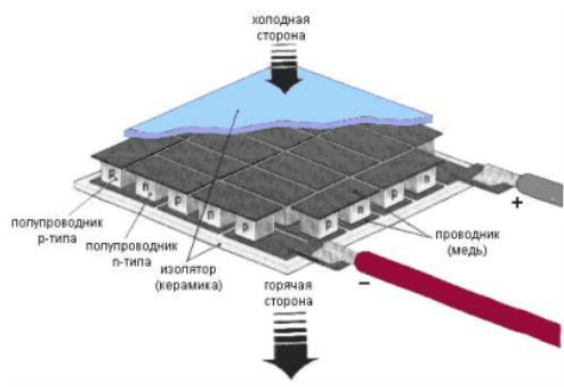


Рис. 2. Структура полупроводникового термоэлектрического модуля.

На сегодняшний день можно выделить три основные сферы применения модулей:

1. охлаждение или нагрев;
2. генерация электрической энергии;
3. термометрия.

ТЭМ по всем параметрам, включая технические, эксплуатационные и экологические характеристики, а также удельную стоимость преобразования энергии, превосходят существующие генераторы электроэнергии и охлаждающие приборы компрессорного типа, за исключением одного параметра – эффективности преобразования энергии. Поэтому ТЭМ нашли свою нишу только в тех областях техники, в которых максимальные значения мощности ТЭМ не превышают 500-1000 Вт или когда предъявляются высокие требования к долговечности, надежности и высокой стойкости приборов к внешним воздействиям.

Цель данной работы – изучить область термоэлектричества, структуру термоэлектрических модулей, исследовать функциональное антидиффузионное покрытие Ti в термоэлектрических модулях, рассчитать время, необходимое для нанесения покрытия.

Для предотвращения встречной диффузии атомов и увеличения срока службы ТЭМ применяют диффузионные барьерные слои, разделяющие проводник и полупроводник в месте их контакта. Эффективность барьерного слоя зависит от его структуры, размера зерна, технологии его нанесения.

На практике известно, что качественным покрытием является покрытие из титана, толщина такого покрытия составляет 2 мкм. В данной работе рассмотрен магнетронный метод нанесения такого покрытия.

Скорость осаждения пленки v_o и требуемая толщина h определяют время осаждения по формуле 1:

$$t = \frac{h}{v_o} \quad (1)$$

Скорость осаждения пленки v_o рассчитывается по формуле 2:

$$v_o = \frac{v_p \cdot S_n \cdot \cos \theta \cdot \cos \varphi \cdot \alpha_M}{\pi \cdot r^2} \quad (2)$$

Скорость распыления рассчитывается по формуле 3:

$$v_p = \frac{j_u \cdot S_p \cdot M_m}{q_e \cdot N_A \cdot \rho}, \quad (3)$$

где j_u - плотность индукционного тока, А/м²;

q_e - заряд электрона, ($1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл);

S_p - коэффициент распыления, атом/ион;

M_m - молярная масса, кг/Моль.

Магнетронное распыление относится к методам распыления материалов ионной бомбардировкой (рис. 3).

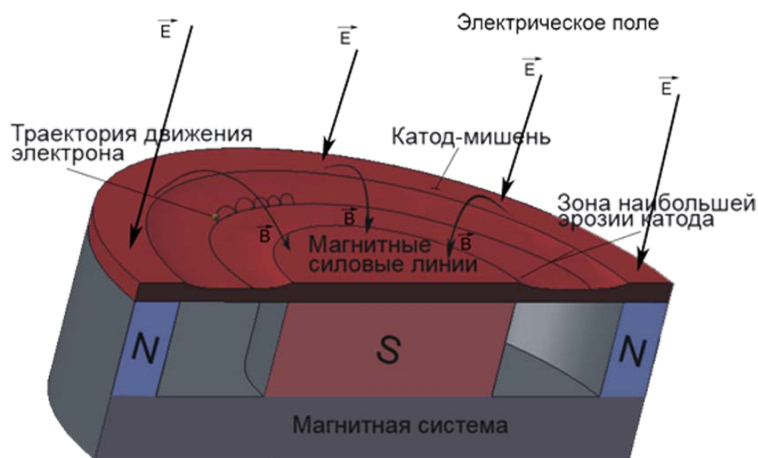


Рис. 3. Магнетронная распылительная система.

Преимущества метода:

1. высокая скорость распыления при низких рабочих напряжениях (600-800 В) и при небольших давлениях рабочего газа ($5 \cdot 10^{-1}$ - 10 Па),
2. отсутствие перегрева подложки,
3. малая степень загрязнения пленок,

4. возможность получения равномерных по толщине пленок на большей площади подложек.

Практическая работа была проведена на модернизированной установке, выполненной на базе установки “Balzers 350G”, предназначенной для нанесения тонкоплёночных покрытий методом магнетронного распыления, находящейся в лаборатории кафедры МТ-11. На рис. 4 представлена ее вакуумно-кинематическая схема:

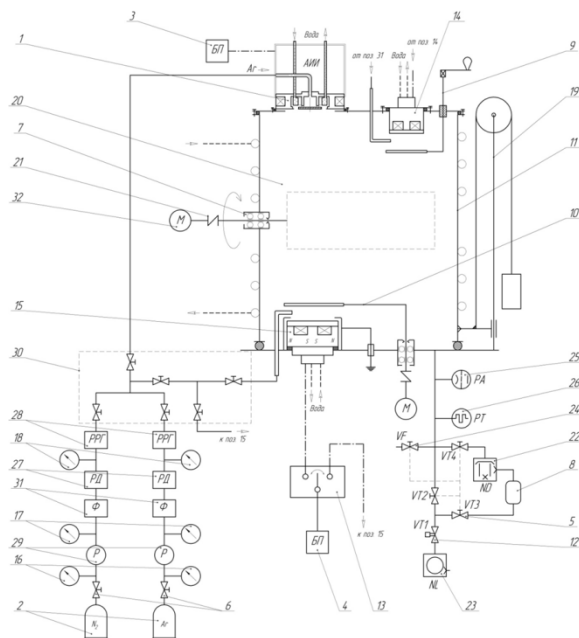


Рис. 4. Схема установки “Balzers 350G”.

В эксперименте использовалась мишень из титана. Радиус мишени 50мм (рис. 5).



Рис. 5. Тi мишень.

В качестве подложки был использован кристалл теллурида висмута n- типа (полупроводникового материала, образующего р-п переходы в ТЭМ) (собственность компании РМТ), Тi мишень – кафедре МТ11.

В данной работе были проведены теоретические расчеты необходимого времени нанесения титанового антидиффузионного покрытия и эксперимент по магнетронному напылению такого покрытия. Расчетное и реальное время нанесения барьерного слоя:

$$t_{\text{расч}} = 1,26 \text{ ч}$$

$$t_{\text{практ}} = 1,5 \text{ ч}$$

Практическое время больше расчётного на 19%. Это связано с тем, что в эксперименте осуществлялась до основного технологического процесса нанесения функционального покрытия ионная очистка и после технологического процесса - выдержка образца, поэтому практическое время определено приблизительно. Кроме того, в технологическом процессе были использованы неотработанные характеристики магнетрона и режимы нанесения покрытия для нанесения титанового покрытия на теллурид висмута.

Литература:

1. Тушенцова Екатерина Николаевна. Термоэлектрический модуль (ТЭМ).//Четвертая Всероссийская научно-техническая конференция «Студенческая весна 2011: Машиностроительные технологии»/ Режим доступа: <http://studvesna.qform3d.ru.go=articles&id=351>.
2. Тушенцова Екатерина Николаевна. Аналитический обзор по термоэлектрическим модулям.// МГТУ им. Н. Э. Баумана/ Электронные технологии в машиностроении.-М.2010.
3. Ю.В. Панфилов «Расчет режимов процесса нанесения тонких пленок в вакууме и параметров оборудования»
4. Никитин М.М. Технология и оборудование вакуумного напыления. – М.: Металлургия, 1992.
5. Магнетронные распылительные системы (Магратроны) В.Е. Минайчев, В.В. Одинокоев, Г.П. Тюфаева.
6. Ю.В. Панфилов «Расчет режимов процесса нанесения тонких пленок в вакууме и параметров оборудования».

**Оптимизация выбора свёрл для обработки гладких
цилиндрических отверстий разного диаметра по критерию
минимального времени обработки**

*ДАНЬКО Александра Михайловна
г. Москва, ГОУ гимназия № 1563, 11 класс*

*Научный руководитель:
Брылёв Андрей Вячеславович,
ст. преподаватель кафедры
«Технология машиностроения»
МГТУ им. Н.Э. Баумана*

Каталоги производителей свёрл могут предложить множество свёрл для обработки одного гладкого цилиндрического отверстия. Перед технологом возникает вопрос выбора сверла среди множества вариантов. Но чаще всего ставится задача – оптимизация выбора сверла по критерию минимального времени обработки. Эту задачу можно решить путём анализа, предлагаемых вариантов свёрл с расчётом основного времени обработки отверстий. Для уменьшения времени рутинной работы воспользуемся каталогом и математической моделью фирмы “Titex”.

Фирма “Titex” является предприятием по производству современных осевых инструментов в центральной Европе. Данная компьютерная программа может так же выполнять оптимальный выбор сверл и по другим критериям: критерию количества оборотов

для обработки одного отверстия, критерию мощности, критерию количества отверстий и т.д.

Современные технические решения фирмы позволят повысить производительность труда, уменьшить энергоёмкость производства, снизить себестоимость продукции, что актуально для экономики России в связи с долгим периодом спада производства.

На сегодняшний день нет чётких рекомендаций по выбору свёрл для обработки гладких отверстий по критерию минимального времени обработки, поэтому исследования в данной области будут полезны для науки в целом и прикладное использование в производстве.

Спиральное сверло используется при сверлении и рассверливании отверстий диаметром до 80 мм и обеспечивает обработку отверстий по 9—13-му качеству точности и с шероховатостью поверхности Ra 0,8—25 мкм [1, стр.17, табл. 5], а в некоторых случаях можно получить более точные отверстия: по 6—9 качеству точности [2].

В электронном каталоге «Titex» применяются следующие классификации спиральных свёрл:

1. По форме хвостовиков: цилиндрический хвостовик, конический хвостовик, стандартный хвостовик
2. По материалу: обычное, с покрытием, цельное твердосплавное.

Традиционно выбор сверла начинается с выбора метода обработки отверстия – сверление (в любом случае – это первый

пункт). Далее определяют диаметр сверла, потом длину стружечной канавки в зависимости от глубины сверления, потом материал режущей части инструмента в зависимости от материала заготовки (для обработки чугуна предлагается режущая часть из твёрдого сплава, для остальных материалов чаще всего – быстрорежущая сталь). Определяют тип хвостовика, в зависимости от типа используемого приспособления (патрона). Далее подбирают, по указанным параметрам, сверло из ГОСТа. Чтобы выбрать сверло ещё по другим параметрам, например по минимальному времени обработки отверстия, технологу нужно провести сложные расчёты. В этом помогает программа «Titex» .

Вышеуказанная методика является новой, так как она использует компьютерные методы обработки информации, которые позволяют намного быстрее и точнее сделать оптимальный выбор сверла в зависимости от диаметра и глубины отверстия, в то время как старый метод – выбор сверла в зависимости от диаметра отверстия, осуществлялся простым механическим подбором, который не позволял делать оптимальный выбор из большого количества вариантов.

Исходные данные для исследования: сквозное отверстие диаметром 5 мм и глубиной 30 мм, глухое отверстие диаметром 14 мм и глубиной 50. В исследовании будут рассматриваться свёрла для обработки отверстий с цилиндрическим хвостовиком и конусом

Морзе, с износостойким покрытием и без него, из быстрорежущей стали (HSS(-Co) или HSS(-E)) и цельные твердосплавные.

Размеры отверстий указаны для каждого варианта исследования.

Вариант 1.

Размеры отверстия: диаметр сверления 5 мм и глубина 30 мм (сквозное отверстие).

Результаты расчётов при использовании обычного сверла (HSS(-Co)) с цилиндрическим хвостовиком без покрытия сведены в табл. 1.

Результаты расчётов при использовании обычного сверла (HSS(-Co)) с конусом Морзе без покрытия сведены в табл. 2.

Результаты расчётов при использовании обычного сверла (HSS(-E)) с цилиндрическим хвостовиком и износостойким покрытием сведены в табл. 3.

Результаты расчётов при использовании обычного сверла (HSS(-E)) с конусом Морзе и износостойким покрытием сведены в табл. 4.

Результаты расчётов при использовании цельного твердосплавного сверла с цилиндрическим хвостовиком без покрытия сведены в табл. 5.

Таблица 1. Варианты свёрл для обработки отверстия.

№ сверла по каталогу	Тип	Длина, мм	Кол-во оборотов	Мощность, кВт	Время, с	Кол-во отверстий
A1222	UFL	86\52	2355	0,30	8,5	280
A1247	Alpha X-E	86\52	2546	0,39	7,1	303
A1213	Инстр. типа	86\52	2165	0,30	9,2	233
A1219	N	86\52	2165	0,35	9,2	233
1211	N	86\52	2165	0,35	9,2	233

Таблица 2. Варианты свёрл для обработки отверстия.

№ сверла по каталогу	Тип	Длина, мм	Кол-во оборотов	Мощность, кВт	Время, с	Кол-во отверстий
A4211	N	133/52	2165	0,35	9,2	233

Таблица 3. Варианты свёрл для обработки отверстия.

№ сверла по каталогу	Тип	Длина, мм	Кол-во оборотов	Мощность, кВт	Время, с
A1249TFL	UFL	86/52	3501	0,46	4,8
A1249TIN	UFL	86/52	3183	0,42	5,2
A1247TIN	Alpha X-E	86/52	3183	0,52	4,5
A1211TIN	N	86/52	2610	0,44	6,9

Таблица 4. Варианты свёрл для обработки отверстия.

№ сверла по каталогу	Тип	Длина, мм	Кол-во оборотов	Мощность, кВт	Время, с	Кол-во отверстий
A4211TI N	N	133/52	2610	0,44	4,9	350

Таблица 5. Варианты свёрл для обработки отверстия.

№ сверла по каталогу	Тип	Длина, мм	Кол-во оборотов	Мощность, кВт	Время, с	Кол-во отверстий
A1276TFL	Alpha22	86/52	4074	0,55	4,9	747
A3976TFL	Alpha22	82/44	3429	0,64	4,2	747
A3376TFL	Alpha22	82/44	3429	0,64	4,2	747

Вариант 2.

Размеры отверстия: диаметр сверления 14 мм и глубина 50 мм (глухое отверстие).

Результаты расчётов при использовании обычного сверла (HSS(-Co)) с цилиндрическим хвостовиком без покрытия сведены в табл. 6.

Таблица 6. Варианты свёрл для обработки отверстия.

№ сверла по каталогу	Тип	Длина, мм	Кол-во оборотов	Мощность, кВт	Время, с	Кол-во отверстий
A1213	Инстр. типа	160/108	546	1,1	27,6	179
A1211	N	160/108	546	1,5	27,4	179

Результаты расчётов при использовании обычного сверла (HSS(-Co)) с конусом Морзе без покрытия сведены в табл. 7.

Результаты расчётов при использовании обычного сверла (HSS(-E)) с цилиндрическим хвостовиком и износостойким покрытием сведены в табл. 8.

Результаты расчётов при использовании обычного сверла (HSS(-E)) с конусом Морзе и износостойким покрытием сведены в табл. 9.

Таблица 7. Варианты свёрл для обработки отверстия.

№ сверла по каталогу	Тип	Длина, мм	Кол-во оборотов	Мощность, кВт	Время, с	Кол-во отверстий
A4247	Alpha XE	189/108	659	1,5	21,0	233
A4213	Инстр. типа	189/108	546	1,1	27,6	179
A4311	N	206/108	523	1,2	31,4	179
A4211	N	189/108	546	1,5	27,4	179

Таблица 8. Варианты свёрл для обработки отверстия.

№ сверла по каталогу	Тип	Длина, мм	Кол-во оборотов	Мощность, кВт	Время, с	Кол-во отверстий
A1269TFL	UFL	160/109	887	1,8	13,5	538
A1249TIN	UFL	160/109	796	1,6	15,0	305
A1211TIN	N	160/109	659	1,7	20,9	269

Таблица 9. Варианты свёрл для обработки отверстия.

№ сверла по каталогу	Тип	Длина, мм	Кол-во оборотов	Мощность, кВт	Время, с	Кол-во отверстий
A4211TIN	N	189/108	659	1,7	20,9	269

Из представленных табличных данных видно, что для отверстия диаметром 10 мм и глубиной 15 мм наиболее оптимальным вариантов являются сверла № A3865TFL и №3265TFL – им требуется всего 1,4 секунды, а так же они самые износостойкие – 1 сверло рассчитано на 3267 отверстий.

Быстрее всего обработает глухое отверстие диаметром 14 мм и глубиной 50 мм сверло с покрытием № A1269TFL с коническим хвостовиком – на это уйдет 13,5 секунд.

Опираясь на эти результаты, были составлены практические рекомендации по оптимизации выбора сверла по критерию минимального времени обработки для инженера-технолога.

Выводы:

Для обработки отверстий с диаметром от 10 мм и глубиной до 20 мм подходят любые цельные твердосплавные сверла со стан. хвостовиком типа «Alpha 2».

Отверстия с параметрами от 10 мм в диаметре и от 20 мм в глубину наиболее быстро можно обработать с помощью любых сверл с покрытием и коническим хвостовиком.

Литература:

1. Справочник технолога – машиностроителя: В 2 т. / Под ред. А.М. Дальского, А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова и др. – 5-е изд., исправл. – М.: Машиностроение – 1, 2003. – Т. 1. – 912 с.
2. 2. Mitsubishi Materials. Carbide & Tool Division / Mitsubishi Materials Group [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.mitsubishicarbide.com/EU/ru/>
3. <http://intechprom.ru/metallorazhushchii-instrument/sverla-spiralnyie.html>
4. http://www.info.instrumentmr.ru/instrum_otverst.shtml

**Упрочнение поверхности заготовки из конструкционной
стали 40Х излучением волоконного лазера**

*ИЛЬИНА Вера Вячеславовна
г. Москва, лицей № 1581, 11 класс*

*Научный руководитель:
Смирнова Наталья Анатольевна,
к.т.н., доцент кафедры
«Лазерные технологии
в машиностроении»
МГТУ им. Н.Э. Баумана*

В современной промышленности становится все более острой проблема повышения срока службы быстро изнашивающихся деталей машин и инструментов из стали, например, подвергаются износу поверхности коленчатого вала. Наиболее часто в процессе эксплуатации износу подвергаются только локальные участки рабочих поверхностей.

Для повышения ресурса работы деталей машин используют упрочняющие технологии, такие как лазерная термическая обработка.

В работах по лазерному термоупрочнению показана высокая эффективность его использования для повышения таких свойств металлов и сплавов, как износостойкость. В результате лазерного поверхностного упрочнения стали приобретают в локальных

объемах свойства, недостижимые при традиционных методах упрочнения. Но лазерная термическая обработка (ЛТО) имеет технологические проблемы. Это необходимость применения поглощающих покрытий, так как в процессе взаимодействия лазерного луча с поверхностью металла происходит отражение до 95% энергии [1].

Появление новых лазерных источников излучения - волоконных лазеров - привлекло внимание к вопросу выбора эффективного источника для лазерной закалки. Основным недостатком закалки излучением CO_2 - и твердотельных лазеров - низкая энергетическая эффективность. Для CO_2 - лазера энергетический КПД не превосходит 10%, а коэффициент поглощения излучения с длиной волны 10,6 мкм металлами низкий. Для его повышения приходится использовать технологии нанесения поглощающих покрытий, что усложняет процесс обработки. Для твердотельных лазеров с длиной волны излучения 1,06 мкм коэффициент поглощения повышается, но полный КПД самого лазера обычно составляет не более 2-3 %. Для волоконных лазеров с длиной волны излучения 1,07 мкм коэффициент поглощения тоже повышается, а КПД волоконных лазеров составляет 25%, что в 2,5 раза выше КПД CO_2 - лазеров. Общая энергетическая эффективность процесса закалки излучением волоконных лазеров оказывается выше в 20 – 30 раз [2, 3].

Цель работы – повышение ресурса работы коленчатого вала из стали 40Х путём упрочнения излучением волоконного лазера

поверхностей, подвергаемых износу. Разработка рекомендаций по выбору режимов ЛТО для упрочения поверхности коленчатого вала.

Задачи исследований:

1. Исследование влияния скорости обработки и мощности излучения на геометрические размеры и микротвердость зон лазерного воздействия (ЗЛВ) стали 40Х.
2. Анализ распределения микротвердости по глубине ЗЛВ стали 40Х.
3. Исследование микроструктуры ЗЛВ стали 40Х.
4. Определение оптимального режима ЛТО стали 40Х.

Материал и методика исследований.

В качестве объекта исследования были выбраны образцы конструкционной углеродистой стали 40Х, применяемой для изготовления коленчатого вала. Химический состав стали 40Х представлен в таблице 1:

Таблица 1. Химический состав стали 40Х.

Элемент	C	Mn	Si	Cr	Ni	S
Содержание, %	0.36-0.44	0.5-0.8	0.17-0.37	0.8-1.1	0,3	0,035

Образцы, подвергаемые лазерной термической обработке, имели размеры: Ø28 x 12 мм для обработки непрерывным лазерным излучением. Поверхность образцов перед лазерной обработкой имела

чистоту Ra 0,32...0,63 мкм. Лазерная установка – иттербиевый волоконный лазер YLS 3000 серии ЛС-3,5. (с длиной волны излучения 1,07 мкм).

Обработку образцов в исходном состоянии после нормализации при температуре 780° , охлаждение на воздухе проводили как с оплавлением, так и без оплавления поверхности с предварительным нанесением поглощающего покрытия на основе лака ВМЛ (поглощательная способность не менее 85 %) и без него при одном и том же диаметре лазерного пятна.

Образцы подвергали обработке излучением волоконного лазера по режимам:

1. Скорость $V = 0,05$ м/с, диаметр пятна $d = 2$ мм, скорости $P_1 = 500$ Вт, $P_2 = 700$ Вт, $P_3 = 1000$ Вт, $P_4 = 1200$ Вт

2. Скорость $V = 0,12$ м/с, диаметр пятна $d = 2$ мм, мощности $P_1 = 700$ Вт, $P_2 = 1$ кВт, $P_3 = 1200$ Вт, $P_4 = 1500$ Вт, $P_5 = 1800$ Вт.

Микрошлифы в поперечном сечении упрочненного участка изготавливали по стандартной методике. Для травления использовали 4%-ный раствор азотной кислоты в этиловом спирте. Металлографические исследования выполняли на оптическом микроскопе Neophot-2 при увеличении от 50 до 1000. Микротвердость на поперечных шлифах измеряли на приборе ПМТ-3 при нагрузке на индентор $49 \cdot 10^{-2}$ Н. Микротвердость фазовых составляющих определяли как среднее значение по результатам трех измерений. Среднюю микротвердость зоны

лазерного воздействия (ЗЛВ) определяли по результатам трех серий измерений распределения микротвердости по ее толщине.

Результаты исследований:

Одна из самых актуальных задач в широком спектре процессов закалки стали – это закалка без оплавления поверхности. Структура образцов стали 40X после отжига до лазерной обработки: феррит и перлит. Общий вид структуры после лазерной обработки с оплавлением поверхности показан на рис. 1, а. В зоне оплавления образуется литая дендритная структура. Дендриты направлены перпендикулярно границы с основным металлом в сторону отвода тепла. Зона закалки из твёрдого состояния так же, как и с оплавлением имеет гомогенную структуру мартенсита (рис. 1, б).

В исходном состоянии в структуре стали 40X имеется перлит и феррит с микротвердостью, соответственно, 180...270 HV и 135...180HV.

Следует отметить, что сталь 40X в ЗТВ имеет более узкий неоднородный слой. Недостаточно высокая твердость в поверхностных слоях ЗО (500...600HV) может быть связана с самоотпуском мартенсита и образованием остаточного аустенита.

Проведены исследования влияния режимов ЛТО на геометрические параметры, структуру и свойства упрочненной поверхности. Видно, что с увеличением скорости при лазерной обработке нормализованной стали без оплавления с повышенными скоростями область однородного мартенсита отсутствует, и трооститоферритная

сетка вокруг мартенсита может доходить до самой поверхности образца (рис. 1, б). Это приводит к снижению общей твёрдости ЗЛВ, поэтому упрочнять такие стали при высокой скорости обработки нецелесообразно (рис. 3).

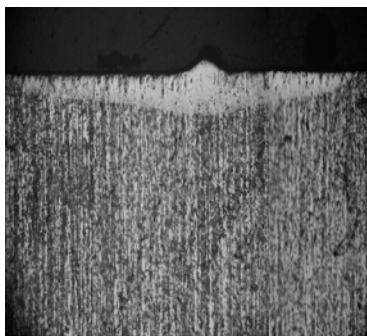
Установлено, что при постоянной мощности излучения скорость обработки излучения лазера влияет на геометрические характеристики ЗЛВ следующим образом: чем больше скорость, тем меньше глубина и ширина ЗЛВ. Также было установлено, что при постоянной скорости обработки геометрические характеристики увеличиваются с увеличением мощности излучения (рис. 4). Оплавление поверхности достигается $P = 1,2 \text{ кВт}$ и $V = 0,05 \text{ м/с}$.

При упрочнении стали 40Х излучением волоконного лазера поглощающее покрытие особо на эффективность процесса не влияет (рис. 4). Это значит, что можно просто исключить данную технологическую операцию.

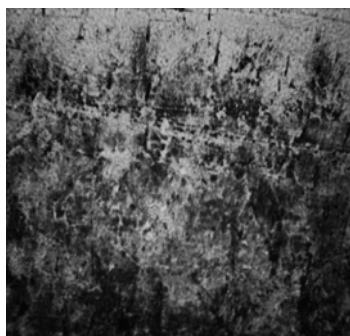
Таким образом, установлены параметры ЗТВ, полученные при воздействии излучения волоконного лазера на поверхность стали 40Х. Определены значения твердости упрочненного слоя, а также зависимости микротвердости от его глубины. На основании анализа зависимости размеров и микротвердости упрочненного слоя от параметров ЛТО даны практические рекомендации по выбору рациональных режимов обработки излучением волоконного лазера коленчатого вала из стали 40Х.

Оптимальный режим при обработке стали 40Х без оплавления поверхности и применения поглощающего покрытия излучением волоконного лазера: мощность излучения $P = 1,2$ кВт и скорость обработки $V = 0,12$ м/с, $d = 2$ мм. В ЗЛВ достигается максимальное среднее значение микротвердости и максимальные геометрические характеристики.

Обработкой стали 40Х в этом режиме глубина ЗТВ достигает значения 0,4 мм, а микротвердость – до 850 НV. Глубина ЗЛВ при обработке с одинаковой мощностью излучением волоконного лазера в 1,8 раза больше, чем при обработке излучением CO_2 –лазера.



а)

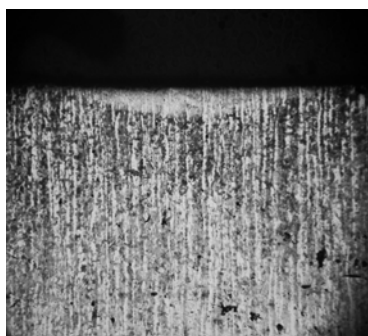


б)

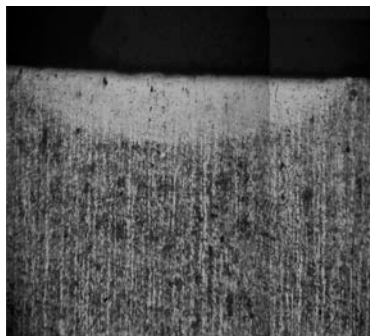
Рис. 1. Микроструктура ЗЛВ стали 40Х с оплавлением поверхности:

а) общий вид (x50),

б) зона закалки из твёрдого состояния (x500).



а)



б)

Рис. 2. Микроструктура ЗЛВ стали 40Х без оплавления поверхности:

а) общий вид (x50), $V=0,12$ м/с, $P=700$ Вт,

б) общий вид (x50), $V=0,05$ м/с, $P=700$ Вт.

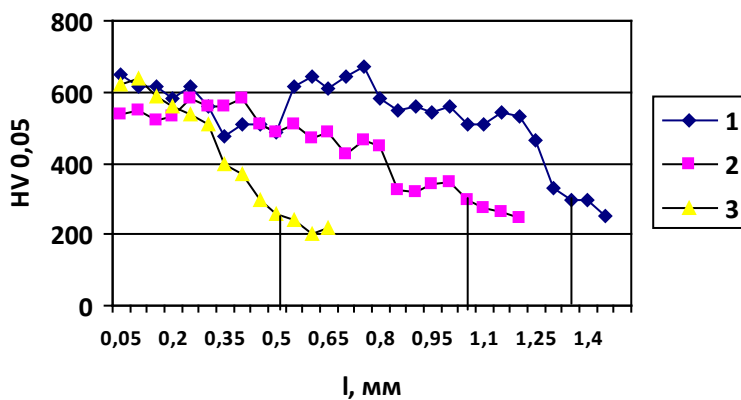


Рис. 3. Влияние скорости на глубину ЗЛВ; $P = 700$ Вт, $d = 2$ мм, м/с,

$V_3=0,05$ м/с, $V_2=0,033$ м/с, $V_1=0,12$ м/с. п/п.

Сплошная вертикальная линия - граница ЗЛВ

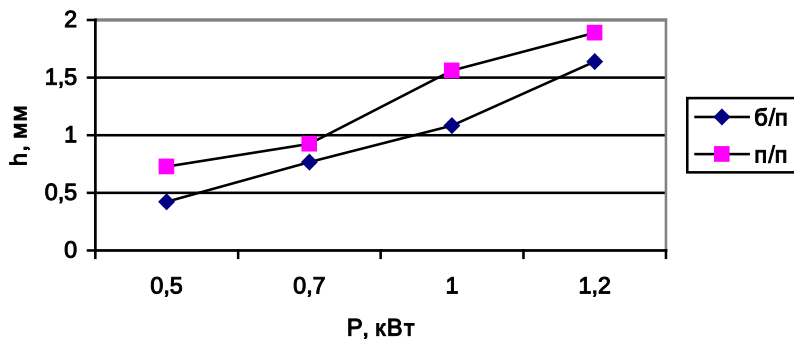


Рис. 4. Влияние мощности излучения на глубину ЗЛВ $V=0,05$ м/с, $d=2$ мм, $P_1=500$ Вт, $P_2=700$ Вт, $P_3=1$ кВт, $P_4=1,2$ кВт.

Литература:

1. Григорьянц А.Г., Шиганов И.Н., Мисюров А.И. Технологические процессы лазерной обработки. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2006. – 664 с.
2. Попов В. Лазерное упрочнения сталей: сравнение волоконных и CO_2 -лазеров // Фотоника. – 2009 - № 4. – С. 18-21.
3. Бирюков В. Восстановление и упрочнение поверхностей лазерным излучением // Фотоника – 2009 - № 3. – С. 14-15.

Средство повышения индивидуальной мобильности

КОМКОВА Ольга Евгеньевна

г. Москва, ГБОУ СШ №354, 8 класс

Научный руководитель:

Терехова Наталья Юрьевна,

*доцент кафедры «Промышленный
дизайн» МГТУ им. Н.Э. Баумана*

Я давно замечала на улице как тяжело ходить пожилым людям. Они очень медленно передвигаются, с трудом переставляя ноги, боясь упасть. Моей бабушке 82 года. У нее часто кружится голова и она быстро устает, поэтому бабушка почти не выходит на улицу, а если и выходит, то опирается на палочку. Пожилому человеку во время прогулки нужно посидеть, передохнуть. Приходится искать скамейку, а они тоже не часто встречаются.

Когда я была в Германии, я обратила внимание на то, как там гуляют пожилые люди. Сначала мне бросилось в глаза то, что очень много пожилых людей гуляет на улице. Потом я поняла: все они опираются на какие-то тележки (рис. 1). Тележки имеют колеса, сиденье и гуляющая бабушка или дедушка, во-первых, чувствуют себя устойчиво и не могут упасть, а во-вторых, в любой момент могут присесть и отдохнуть. Такое приспособление называется «роллатор». Меня очень заинтересовал этот вопрос. Я подумала, а почему у нас в Москве я ни разу не видела гуляющих пенсионеров с



Рис. 1. Роллатор -тележка для пожилых людей.

такими приспособлениями. Поэтому я и решила исследовать эту проблему в своей работе. К тому же, пользоваться такими тележками могут и другие люди, имеющие проблемы с двигательными функциями.

Роллатор (ролятор) — это приспособление для облегчения самостоятельного пешего передвижения человека, который испытывает с этим трудности. Общепринятое название — опора-ходунок или каталка-опора. Современное название - роллатор (ролятор) происходит от шведского слова rollator.

История создания.

Впервые каталка-опора, сходная с современным роллатором, была предложена в 1978 году в Швеции социальной работницей Аиной Вифалк. Она сама страдала детским параличом и из-за этого не смогла продолжить свое обучение в качестве медсестры. Поэтому

при содействии шведского фонда развития был изготовлен опытный экземпляр каталки-ходунка. Позднее производство роллаторов было налажено в Швеции. С начала 1990-х годов роллаторы получили распространение в Германии и других странах Европы. В 1999 году появилась единая для стран Евросоюза норма «EN ISO 11199», регламентирующая технические данные роллаторов.

Принцип действия.

Роллатор является транспортным средством, которое облегчает самостоятельное пешее передвижение человека. Но заменить полностью пешее передвижение человека роллатор не может. В этом и состоит главное отличие роллатора от инвалидной коляски, которая используется в основном для передвижения полностью лишенного возможности самостоятельно двигаться человека.

Роллатор представляет собой каталку-ходунок, оснащенную ручками для опоры, ручным тормозом-фиксатором.

Опираясь на ручки роллатора, человек переносит часть своего веса на тележку. При этом тормоза-фиксаторы, которыми оснащено каждое колесо, удерживают ее от движения. Для совершения дальнейшего движения нужно отпустить тормоза-фиксаторы и сделать шаг. На новом месте роллатор вновь фиксируется тормозами. Преимущество такого приспособления в том, что в каждый конкретный момент движения масса тела человека

равномерно распределяется между руками, ногами и роллатором, что значительно облегчает процесс передвижения.

В силу этих особенностей роллаторы на сегодняшний день популярны не только как помощь в передвижении на период восстановления после травм или болезни опорно-двигательной системы человеческого организма, но и как средство повышения индивидуальной мобильности для лиц пожилого возраста в повседневной жизни.

Анализ конструкции.

Конструкция роллатора представляет собой трех- или четырехколесную тележку — металлическая рама (каркас), установленная на три или четыре колеса. Верх каркаса оснащен ручками для опоры, которые регулируются для удобства по росту человека (по высоте), передние колеса зафиксированные, задние колеса имеют вращение вокруг оси стойки и оборудованы ножным тормозом-фиксатором. Вращение задних колес позволяет человеку легко выбирать маршрут перемещения.

На рис. 2 представлена простейшая конструкция роллатора. Как можно видеть из рис. 2 это примитивная конструкция — простая металлическая рама, похожая на ходунки, колеса очень маленького диаметра. При использовании данной конструкции роллатора были выявлены следующие недостатки:

- громоздкость самой конструкции рамы;

- большое количество соединяемых деталей и их мест крепления приводит к ослаблению жесткости рамы;
- неудобная конструкция ножного тормоза-фиксатора. Необходимо при выполнении каждого шага нажимать этот тормоз ногой для его фиксации или снятия.
- колеса маленького диаметра усложняют преодоление уступов и приводят к неустойчивости всей конструкции.
- на роллатор нельзя присесть;
- нет багажной корзины.



Рис. 2. Простейшая конструкция роллатора.

Поэтому у разработчиков роллаторов возникли идеи по его улучшению, а именно: возникла идея сделать роллатор складным, обеспечить регулирование ручек по росту человека вверх вниз, обеспечить удобное торможение, передвижение роллатора должно быть легким по любому покрытию, даже по снегу, сделать удобное сиденье, которое регулируется и по ширине.

В последующих разработках роллаторов были учтены многие из вышеперечисленных моментов и был создан роллатор, представленный на рис. 1. В данной конструкции роллатора внесены следующие изменения:

- конструкции рамы позволяет делать роллатор складным
- изменены форма и месторасположение ручки для опоры;
- изменена конструкция тормоза-фиксатора: применение ручного тормоза-фиксатора велосипедного типа;
- увеличение диаметра колес;
- передние колеса становятся вращающимися вокруг оси стойки, задние становятся фиксированными;
- использование в конструкции роллатора дополнительных приспособлений, таких как: сиденье, мягкая ручка для опоры спины, багажная корзина или сумка, держатель для костылей и т. п.

Современный роллатор в сложенном виде представлен на рис. 3.

Как мы видим из рис. 3, роллатор складывается и становится похож на детскую прогулочную коляску. Однако видно, что он имеет достаточно большие размеры, а его нужно при необходимости убрать в багажник автомобиля или поставить в коридоре квартиры.

Конструкция современных роллаторов (рис. 2, рис. 3) имеет следующие преимущества:



Рис.3. Современный роллатор.

удобное расположение регулируемых по высоте ручек опоры делает передвижение значительно комфортнее, так как при каждом шаге равномерно распределяет массу тела между руками, ногами и каталкой;

- применение ручного тормоза-фиксатора велосипедного типа исключает дополнительные движения ног, не связанных с перемещением;
- механизм складывания дает возможность легко перевозить роллатор в автомобиле или общественном транспорте, а также облегчает человеку подъем по лестнице, так как сложенный роллатор способен при этом служить опорой;
- наличие сиденья и мягкой опоры для спины человеку во время ходьбы присесть и передохнуть;

- оснащение роллаторов багажными корзинками или сумками дополнительно облегчает повседневные дела (в супермаркете многие пожилые люди используют корзинку своего роллатора вместо продуктовой тележки);
- использование колес большего диаметра позволяет практически без усилия преодолевать незначительные перепады высот на пути перемещения.

В своей работе я исследовала много различных конструкций роллаторов. Анализируя, я пыталась их сделать еще более удобными и красивыми. Так как пожилой человек должен ими пользоваться каждый день, то роллаторы должны еще и просто радовать глаз человека.

На рис. 4 представлена другая конструкция роллатора из стального каркаса. Мы можем видеть, что здесь, в отличие от предыдущей модели, совмещены ручки и спинка для опоры. По высоте ручки могут регулироваться и имеют 10 фиксированных положений, колеса монолитные, есть сиденье и корзина. Данный роллатор весит 9.9 кг и имеет следующие габаритные размеры: общая ширина 65 см, общая высота 75,5-94,5 см. Параметры сиденья: ширина сиденья 47см, высота сиденья 61см, глубина 70см.



Рис. 4. Роллатор со стальным каркасом.

Как видно из параметров, этот роллатор не может регулироваться по ширине сиденья и полный человек не сможет им пользоваться. Так же сиденье не регулируется по высоте. На рис. 5 представлена еще одна конструкция роллатора фирмы RollEuro.



Рис. 5. Конструкция роллатора фирмы RollEuro.

Как видно из рис. 5 эти роллаторы складываются в другой плоскости (в вертикальной) в отличие от конструкции, изображенной на рис. 3 (в горизонтальной) и имеют меньший вес. Однако выглядят мрачно и ненадежно.

Далее представлены еще некоторые виды роллаторов. Преимущество роллатора, представленного на рис. 6 – конструкция очень компактная в сложенном виде. Однако, достаточно громоздка и имеет мрачный цвет.

На рис. 7 вы можете видеть 3-х колесную конструкцию роллатора. Она очень примитивна, неустойчива на поворотах, нет сиденья, нет корзины для продуктов. На рис. 8 представлен детский



Рис. 6. Компактная конструкция роллатора.



Рис. 7. 3-х колесный роллатор.



Рис. 8. Детский роллатор.

роллатор. Он сразу радует глаз своей расцветкой. У них тоже отсутствует сиденье и корзина для вещей.

На рис. 9 представлена современная разработка немецких ученых. По их задумкам эти роллаторы должны быть идеальными. Они напоминают самокат, изготовлены из современных материалов, очень удобно складываются.



Рис. 9. Роллаторы. Современная разработка немецких ученых.

Выводы:

Анализ современных конструкций роллаторов показал, что они имеют ряд недостатков. В первую очередь это, конечно,

значительный вес роллатора. До сих пор все роллаторы производили из металла и его сплавов. Его вес составляет примерно 10 кг.

Необходимо стремиться уменьшить вес, так как, пожилому человеку для того, чтобы зайти в автобус или другой городской транспорт, подняться на несколько ступенек нужно поднять роллатор. Цвет роллатора обычно черный или серый, только на детских роллаторах применяют яркие цвета. Я считаю, что для еще большего удобства и облегчения пользования роллаторами возможно их дальнейшее усовершенствование.

Я предлагаю сделать это за счет:

1. Разработки новой схемы рамы и компоновки всего роллатора, что позволит складывать его в нескольких плоскостях и сделает более компактным;
2. Использования при изготовлении рамы современных легких высокопрочных материалов, которые позволят снизить вес рамы и сохранить ее жесткость и прочность;
3. Использования современных лакокрасочных покрытий при покраске деталей, что позволит роллатору быть видимым в любое время года и суток и просто красивым;
4. Использования современных типов резины и каучука для изготовления колес, ручек опоры и сиденья;
5. Тщательно проанализировать размеры и диаметр колес. Рассмотреть вариант установки надувных колес по аналогии с детскими колясками, это улучшит проходимость роллатора;

6. Добавить зеркала заднего вида;
7. Добавить крепление для зонтика и сам зонтик, защищающий и от дождя и от солнца.

На рис. 10 представлена разработанная мною модель роллатора. Цветовая гамма может быть различной. Модель снабжена катафотами, делающими тележку заметной в свете фар в темное время суток и тем самым более безопасным передвижение по дорогам. Высота ручки регулируется, можно посидеть на удобном мягком сиденье, есть зеркало заднего вида, место крепления под зонтик, корзина под продукты и вещи и, самое главное, что этот роллатор имеет минимальный вес, он красив и радует глаз.



Рис. 10. Разработанная мною модель роллатора.

Литература:

1. Средства вспомогательные для ходьбы, управляемые обеими руками. Требования и методы испытаний. Часть 2. Ходунки на колесиках - Национальный стандарт Российской Федерации ГОСТ Р ИСО 11199-2-2010.

2. Веб-сайты о роллаторах:

<http://www.walker-facts.com/>

<http://invacare.su>

<http://medinvalid.ru>

**Исследование вентиляционных систем пресс-форм для литья
пластмасс под давлением**

*МЕЛЬНИКОВ Александр Игоревич
г. Тула, МБОУ Лицей №1, 11 класс*

*Научный руководитель:
Мандрик Александр Александрович,
к.т.н., доцент кафедры
«Литейные технологии»
МГТУ им. Н.Э. Баумана*

Перед впрыском расплава формирующая полость заполнена воздухом. По мере заполнения полости расплавом должна быть предусмотрена возможность отвода воздуха, иначе он будет сжиматься текущим расплавом. Сжатие воздуха приведет к ряду негативных последствий. При сжатии воздух создает противодействие заполнению формирующей полости, что влияет на характер заполнения, и в некоторых случаях препятствует ему. Для исключения подобных проблем в форме размещаются вентиляционные каналы, которые позволяют воздуху выходить из нее.

Проблемы: если на стадии заполнения гнезда расплавом весь воздух из пресс-формы не отвести, то на отливке возникнут определенные дефекты:

1. Захваченный воздух (воздушный пузырь) образует в формующей полости карман с высоким давлением внутри, и через него расплав не пройдет, что приводит к недоливу.
2. Воздух, быстро сжимаемый расплавом, тут же нагревается до высокой температуры и вызывает на отливке «прижог».
3. Присутствие газообразной фазы между двумя сходящимися потоками расплава уменьшает прочность литой детали по линии спая.

В настоящее время существует два вида вентиляционных каналов пресс-форм для литья пластмасс под давлением [2]:

- ступенчатый, имеющий две ступени разной глубины и длины: глубина 1-ой ступени: 0,015 мм - для низковязких кристаллизующихся полимеров и 0,03 для высоковязких аморфных материалов. Длина этой ступени 2 мм. Вторая ступень делается большей глубины равной 0,5 мм и сохраняет данную глубину на протяжении всей оставшейся длины вставки.
- классический сплошной. Глубина канала такая же, как и у 1-ой ступени ступенчатого канала, только она постоянная.

Ступенчатый канал является более эффективным, т.к. пропускная способность в нем больше, чем в сплошном. Это проверено и имеются рекомендации по глубине и длине каналов при литье под давлением металлов [1]. Но авторы [2] указывают на желательное применение ступенчатых каналов, но не дают

объяснения происходящего явления и не поясняют, почему ступенчатый канал эффективнее сплошного.

Целью работы было практически и теоретически доказать справедливость изложенного выше суждения, что действительно сплошной вентиляционный канал менее эффективен, чем ступенчатый. Для того, чтобы доказать это я использовал, как теоретический подход, так и практический.

Для теоретического доказательства я воспользовался формулами [1] для расчета коэффициента пропускной способности вентиляционных каналов и уравнением Менделеева - Клапейрона [3], отношением выхода воздуха в единицу времени. Получил время выхождения воздуха через каналы различных видов.

Для практического доказательства, была изготовлена специальная установка. Конструкция предусматривает вставку со сплошным и ступенчатым каналом. Проводятся два эксперимента по времени прохождения воздуха, после чего определяется разница.

Расчет коэффициента расхода вентиляционного канала μ для сплошного и ступенчатого канала.

Для расчета пропускной способности сплошного вентиляционного канала используются следующие формулы:

полный коэффициент сопротивления [1]

$$\varepsilon = \varepsilon_{\text{вх}} + \varepsilon_{\text{тр}} \frac{l}{2r} + \varepsilon_{\text{вых}} \quad (1)$$

$\varepsilon_{\text{вх}}$, $\varepsilon_{\text{вых}}$ -коэффициенты местных потерь на входе и выходе из канала;

$\varepsilon_{\text{вх}} = \varepsilon_{\text{вых}} = 0,5$; l -длина канала, мм; r -глубина канала, мм;

коэффициент сопротивления, характеризующий потери на трение в канале [1]

$$\varepsilon_{\text{тр}} = \frac{0.314}{\sqrt[4]{Re}},$$

где Re-число Рейнольдса $Re > 1100$. (2)

Поэтому используется формула для турбулентного потока.

Число Рейнольдса рассчитывается по формуле [1]:

$$Re = 4r_1 v \rho / \eta \quad (3)$$

r_1 - гидравлический радиус сечения канала, $r_1 = \frac{h}{2}$, м; h-глубина канала, м;

v- средняя скорость сжатого газа, рассчитывается по формуле [1]:

$$v = 18.3 \sqrt{T_k}, \text{ м/с}$$

T_k - температура окружающей среды, К;

ρ - плотность газа при соответствующей температуре, кг/м³;

η - коэффициент динамической вязкости, Н с/м².

Коэффициент пропускной способности вентиляционного канала по формуле [1]:

$$\mu = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon+1}} \quad (4)$$

Для расчета полного сопротивления ступенчатого канала используется следующая формула [1]:

$$\varepsilon = \varepsilon_{\text{вх1}} + \varepsilon_{\text{тр1}} \frac{l_1}{2r_1} + \varepsilon_{\text{вых1}} + \varepsilon_{\text{тр2}} \frac{l_1}{2r_1} + \varepsilon_{\text{вых2}} \quad (5)$$

$\varepsilon_{\text{вх1}}, \varepsilon_{\text{вых1}}, \varepsilon_{\text{вых2}}$ –коэффициенты местных потерь на входе и выходе из канала;

$$\varepsilon_{\text{вх1}} = \varepsilon_{\text{вых1}} = \varepsilon_{\text{вых2}} = 0.5$$

l_1, l_2 –длина канала 1 и 2 ступени соответственно, мм;

r_1, r_2 –глубина 1 и 2 ступени канала соответственно, мм

Для расчета $\varepsilon_{\text{тр1}}$ и $\varepsilon_{\text{тр2}}$ нужно воспользоваться формулами: 2-4, для каждой по отдельности, так как глубины у этих ступеней разные.

Коэффициент пропускной способности ступенчатого вентиляционного канала так же рассчитывается по формуле (4).

Расчет теоретического времени истечения воздуха в сплошном и ступенчатом каналах.

Меня в теоретическом расчете интересовало время истечения, поэтому надо сделать дополнительные расчеты по следующим формулам:

уравнение Менделеева - Клапейрона [3]:

$$PV = \frac{m}{M}RT \quad (6)$$

P - давление воздуха, Па;

V-объем воздуха, м³;

m- масса воздуха, г;

M = 29 - молярная масса воздуха, г/моль;

$R=8.31$ - универсальная газовая постоянная, Дж/моль*К;

T - температура воздуха, К.

Количество воздуха, выходящее в единицу времени [1]:

$$\frac{m}{\mu} = \dot{t} \quad (7)$$

m - масса воздуха, г;

t - время истечения воздуха, с;

μ - коэффициент пропускной способности вентиляционного канала.

$P_1=6 \cdot 10^5 \text{ Па}$, $P_2= 2 \cdot 10^5 \text{ Па}$; $V=0.15 \text{ м}^3$ и при температуре 295 К.

Для получения времени истечения сначала нужно найти массу вышедшего воздуха.

Итоговая формула (8):

$$t = \frac{VM(P_1 - P_2)}{\mu RT}$$

Все формулы были рассчитаны при помощи программы Microsoft Office Excel. Все полученные результаты были внесены в табл. 1.

На основании данных, полученных в данной таблице, можно сделать вывод, что действительно воздух при одинаковых условиях выйдет быстрее из ступенчатого канала: разница = 1,88.

Таблица 1. Результаты расчетов.

Для ступенчатого канала											
$\xi_{вк1}$	$\xi_{вк2}$	$\xi_{тр1}$	$\xi_{тр2}$	$\xi_{вых1}$	$\xi_{вых2}$	L1	L2	r1	r2	Re1	Re2
0,50	0,50	0,05	0,03	0,50	0,50	2,00	28,00	0,03	0,50	1103,44	18390,64
v	p	η	ξ	μ	G_{λ}						
314,31	1,10	0,0000188	4,07	0,444	0,000440225						
Для одноступенчатого канала											
$\xi_{вк}$	$\xi_{тр}$	L	r	$\xi_{вых}$	Re	v	p	η	ξ	μ	G_{λ}
0,50	0,05	30,00	0,03	0,50	1103,44	314,31	1,10	0,0000188	28,24	0,185	0,000235
Расчет времени											
P1	P2	V	T	M	R	m	t ступен.	t сплошного	Разница		
600000	200000	0,15	295/29			8,31	709,78	1612,32	3024,19	1,88	

Диагностическая установка представляет систему (рис. 1),

где:

- 1 - крышка,
- 2 - штуцер,
- 3 - соединительный шланг,
- 4 - вентиль,
- 5 - манометр,
- 6 - ресивер объемом 0,15 метров кубических,
- 7 - вставка общая,
- 8- обойма,
- 9 - вставка,
- 10 - уплотнительное кольцо.

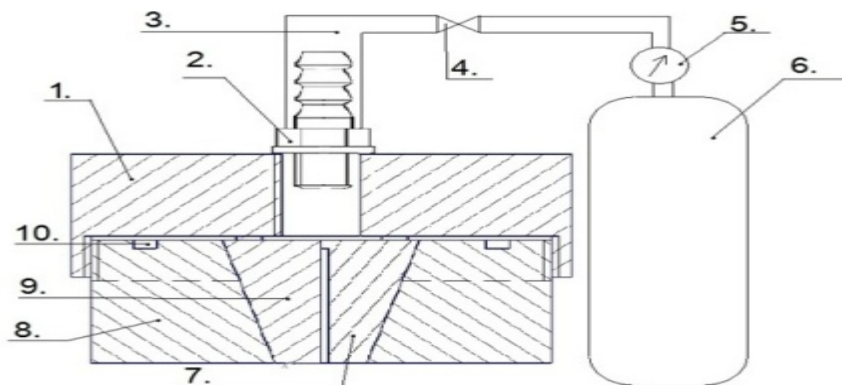


Рис. 1. Схема установки.

Эта установка - сборочная единица, с помощью которой было проведено два опыта:

1. деталь поз. 9 - вставка со ступенчатым каналом,
2. деталь поз. 9 - вставка со сплошным каналом.

Их чертежи представлены ниже (рис. 2, рис. 3):

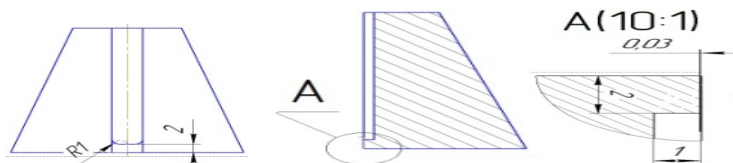


Рис. 2. Вставка со ступенчатым каналом.

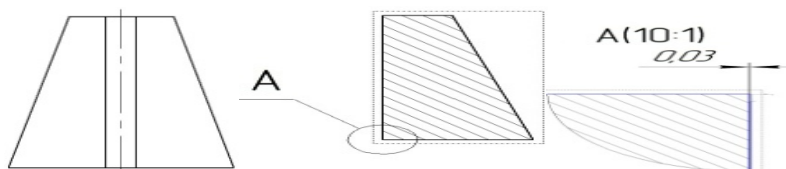


Рис. 3. Вставка со сплошным каналом.

Методика проведения эксперимента.

Эксперимент со ступенчатым каналом. Диагностическая установка собирается по схеме, представленной на рис. 1, где элемент конструкции (поз. 9) - вставка, в которой выполнен канал по ступенчатой схеме.

Сначала вентиль (поз. 4) закрыт. Потом включается компрессор, подавая в ресивер воздух. По достижении давления 6 атм. компрессор выключается. Потом вентиль (поз. 4) открывается, одновременно включается секундомер, засекаем время, пока давление не упадет до 2 атм. и закроем вентиль. Время истечения воздуха через ступенчатый канал составляет 23 мин.(1380 сек.).

Эксперимент со сплошным каналом. Поз. 9 - вставка со сплошным каналом. Вся методика аналогична первому эксперименту. Показание секундомера 43 мин. (2580 сек.). Отношение полученных данных равно 1,87.

Сравнение практического и теоретического расчетов.

Теоретическая разница составляет 1,88. Практическая - 1,87. Видно, что полученные величины очень близки. Разница есть, т.к. в практическом эксперименте есть потери воздуха.

Вывод: из полученных результатов можно сделать вывод, что действительно ступенчатый канал эффективнее сплошного. Это было доказано, как теоретически, так и практически. То есть при проектировании и модернизации пресс-форм для литья пластмасс

под давлением можно рекомендовать использование ступенчатых вентиляционных каналов.

Литература:

1. "Рекомендации. Выбор оптимальных технологических режимов изготовления отливок при литье под давлением с применением стендов контроля технологических параметров." Изд. стандартов, 1992 г.
2. "Литье пластмасс под давлением", Т.А. Освальд, Л.-Ш. Тунг, П.Дж. Грэмман; под ред. Э. Л. Калинчева - СПб.: Профессия, 2008. - 712 стр., ил.
3. Мякишев Г. Я., Сияков А.З. М99 Физика: Молекулярная физика. Термодинамика. 10 кл.: Учеб. для углубленного изучения физики.- 4-е изд., стереотип. - М.: Дрофа, 2001.-352 с.: ил.

**Исследование процесса производства полых анкерных свай
с наружной резьбой**

РОСЛЯКОВ Артём Владимирович

г. Москва, ГБОУ СОШ № 407, 11 класс

Научный руководитель:

Комкова Татьяна Юрьевна,

к.т.н., доцент кафедры

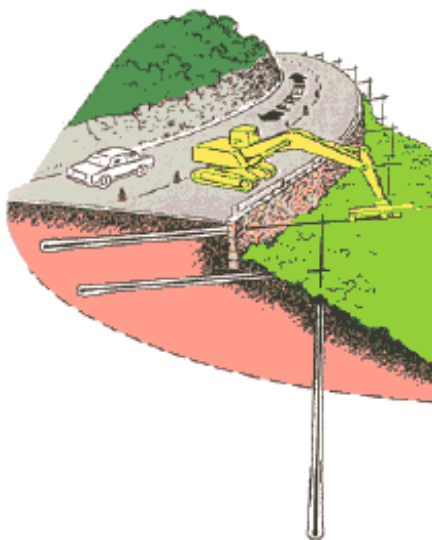
«Оборудование и технологии прокатки»

МГТУ им. Н.Э. Баумана

Стремительно развивающаяся строительная индустрия требует создания все новых строительных материалов и способов возведения зданий и сооружений. Развитие энергетики, сельского хозяйства, морских и речных портов требует создания плотин и пирсов. При разрастании крупных городов все острее встает вопрос использования подземного пространства для торговых, парковочных, транспортных и др. целей.

Во всех случаях требуется укрепление «стены», на которую воздействует грунт, стараясь её опрокинуть. Это очень серьезная проблема. Величина усилия опрокидывания пропорциональна глубине заложения «стены» и зависит от свойств грунта. Особенно остро этот вопрос стоит при строительстве во влажных подвижных грунтах. Одним из способов укрепления «стены» является крепление её с помощью анкерных свай.

Как же происходит укрепление стены с помощью анкерных свай? Анкерной свай в общем случае является труба, имеющая резьбовые концы. Сваи внедряются в грунт в горизонтальном или наклонном положении на требуемую глубину, затем в отверстие в трубе под большим давлением подается цементный раствор (рис. 1).



Раствор, поступая по внутреннему каналу трубы, «опускается» до необходимой глубины и выходит на внешнюю поверхность трубы. Постепенно заполняя пространство между винтовой трубой и грунтом, раствор заполняет скважину, выходя на поверхность, тем самым как бы замуровывая винт в грунте, укрепляя стенки котлованов, насыпей, берегов.

Рис. 1. Укрепление стены.

Длина таких свай определяется свойствами грунта и глубиной заложения стены и достигает 25-30 метров. Естественно, изготовить и установить единую анкерную сваю такой длины невозможно. Следовательно, необходима конструкция анкерной сваи, позволяющая её удлинение до требуемого размера непосредственно на стройплощадке. Обычно длина отдельных анкеров, из которых

собирается вся анкерная свая, не превышает 6 метров, но, исходя из конкретных условий строительства, она может быть и меньше.

Наращивание анкеров до необходимой длины может быть выполнено путем их свертывания (как выполняется бурильная колонна) или сваркой встык непосредственно на стройплощадке, однако эти способы при строительстве оказываются не всегда оптимальными.

При строительстве туннелей, дамб, плотин и подземных сооружений предпочтение отдается сборке анкеров путем их соединения с помощью муфт. При свинчивании анкеров с помощью специальных соединительных муфт на наружной поверхности анкера создается местное увеличение наружного диаметра колонны, которое дополнительно увеличивает сцепление анкера с цементирующим раствором, а, следовательно, и с грунтом в шурфе.

Таким образом, перед нами была поставлена задача промышленного (заводского) изготовления анкеров различной длины для последующей их сборки непосредственно на возводимом объекте. Перед АХК ВНИИМЕТМАШ специалистами ООО «Строймехсервис Метростроя» была поставлена задача освоить производство полых анкерных свай с наружной резьбой, позволяющей их наращивание до требуемых длин.

Моя работа посвящена разработке технологии производства труб с наружной резьбой для анкерных свай и оборудования для осуществления данного технологического процесса.

Как уже говорилось, анкером в общем случае является труба, имеющая резьбовые концы. Нарезание резьбы традиционными методами, с удалением металла в виде стружки, кроме своей трудоемкости, требует повышенного расхода металла.

Большой вклад в теорию поперечной и поперечно-винтовой прокатки внесли такие крупные ученые, как академик Александр Иванович Целиков, доктора технических наук В.С. Смирнов, П.К. Тетерин и многие другие.

Анализ литературных источников показывает, что наиболее целесообразным методом получения деталей с винтовой наружной поверхностью является пластическая деформация металла. Главными преимуществами процесса пластической деформации по сравнению с обработкой резанием являются:

- высокая производительность,
- повышенная прочность резьбы,
- повышенная твердость поверхностного слоя металла,
- отсутствие потерь металла в стружку.

Наиболее приемлемым способом производства труб-анкеров с поверхностной резьбой специального профиля является поперечно-винтовая прокатка в трехвалковом стане. Винтовые изделия, полученные прокаткой, характеризуются более высокой прочностью и твердостью рабочей поверхности, что является их существенным преимуществом, обеспечивающим повышение несущей способности и износостойкости по сравнению с винтами,

изготовленными обработкой резанием. Поступательная скорость прутка при прокатке винтов составляет 0,3-2 м/мин, производительность при этом возрастает в 10-20 раз. Кроме того устраняются потери на стружку, которые при обработке резанием достигают 15-20 % от массы изделия.

Предлагаемая технология получения анкерных труб методом поперечно-винтовой прокатки заключается в следующем: труба-заготовка под прокатку требуемого размера и марки стали со склада цеха поступает на участок раскроя, где режется на заданные длины, если это необходимо. Далее заготовки под прокатку мерной длины пакетом укладываются краном на стол загрузки - на загрузочную решетку стана поперечно-винтовой прокатки (ПВП) (рис. 2).



Рис. 2. Загрузка заготовок на стол стана.

С помощью дозатора заготовки поштучно подаются на ось прокатки стана ПВП. С помощью толкателя, перемещающего заготовку вдоль оси прокатки, заготовки задаются во вращающиеся валки прокатного стана. Процесс прокатки идет непрерывно, заготовки подаются торцом в торец. Вращающиеся валки, расположенные под углом к оси прокатки (т.к. они развернуты на угол подачи), захватывают заготовку, начинают ее вращать и перемещать вдоль оси прокатки. Протягивая заготовку через очаг деформации (рис. 3), образованный тремя приводными валками, на поверхности трубы-заготовки формируется требуемый винтовой профиль.

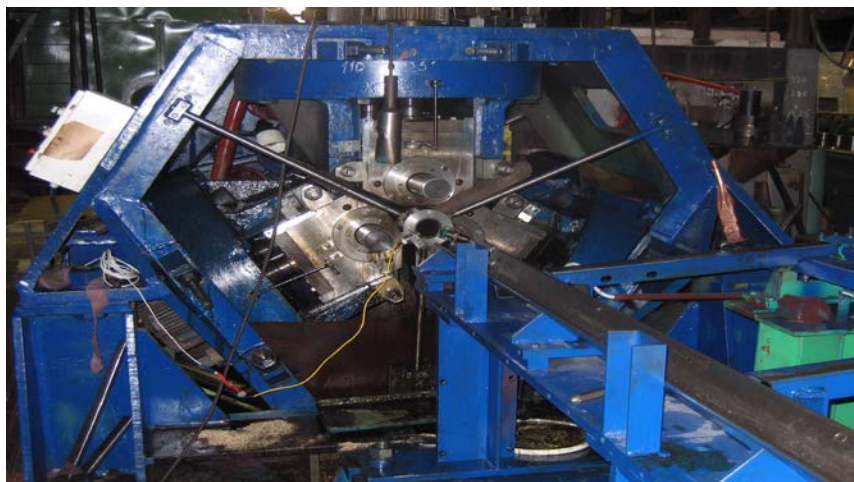


Рис. 3. Процесс протягивания заготовки на стане.

Прокатанная заготовка по желобу, расположенному с выходной стороны стана, следующей прокатываемой заготовкой перемещается

(как бы выталкивается) вдоль оси прокатки и поступает на приемный желоб стола выгрузки. По заполнении приемной решетки или по окончании процесса прокатки труб данного типоразмера формируется пакет с готовыми трубами, который краном снимается с решетки и передается на участок осмотра (рис. 4.).



Рис. 4. Пакет труб после обработки на стане.

На участке осмотра прокат проходит контроль ОТК (отдела технического контроля) и, при необходимости, ремонт наружной поверхности. При прокатке в очаге деформации выделяется значительное количество тепла, которое отводится путем подачи в зону валков струи смазочно-охлаждающей жидкости (СОЖ) (рис. 5). Обычно в качестве СОЖ используется эмульсионный концентрат «Эпром» для холодной обработки металлов методом поперечно-винтовой прокатки. Концентрация «Эпром»: вода – 1:4. Использование СОЖ позволяет снизить давление металла на валки, износ валков, а также увеличить скорость прокатки.



Рис. 5. Подача СОЖ в зону обработки.

Для успешной реализации любой технологии огромное значение играет конструкция валков. Она существенно влияет на скорость прокатки, качество и точность прокатанного профиля на изделии, на производительность стана и другие технологические показатели процесса. В данном случае валки по форме представляют собой сочетание усеченного конуса с цилиндром, на поверхности которого нарезаны соответствующие калибры (рис. 6). Захват заготовки и формирование заданного профиля осуществляется заборным конусом валков. Заборный конус валков обеспечивает равномерное распределение деформации между отдельными витками профиля валков. Цилиндрический участок валков устраняет овальность заготовки и калибрует сформованный на изделии профиль. К материалу валков предъявляются особо высокие требования. В данном случае валки изготовлены из – стали X12Ф1. Для изготовления валков используются кованные заготовки. Кованные



Рис. 6. Примеры валков.

заготовки для валков, не имеющие внешних дефектов и соответствующие требованиям по микроструктуре, твердости и геометрии, подвергаются механической обработке. Нарезку калибров выполняют одновременно на всем комплекте валка. Далее валки подвергают термообработке – закалке и отпуску. Твердость валков после закалки и отпуска должна быть в пределах 56-58 HRC . Окончательной операцией изготовления валков является шлифовка рабочего профиля после термообработки. Для этого используют резьбошлифовальные станки. Сначала шлифуют посадочные отверстия, а затем весь комплект валков. Соблюдение режимов шлифования резьбы имеет большое значение для стойкости валков.

Предлагаемый технологический процесс был опробован на лабораторном стане АХК ВНИИМЕТМАШ при прокатке анкеров с внешним диаметром 60 мм и внутренним 33 мм. В качестве заготовок использовались трубы с наружным диаметром 57 мм, внутренним - 33 мм, из стали 40Х (сталь конструкционная легированная, содержание углерода 0,40%, хрома - до 1%). При

прокатке использовался комплект валков из 3 штук. Валки имели диаметр 240 мм. Твердость -58-60 HRC.

В процессе исследований была прокатана опытно-промышленная партия труб, которая передана специалистам ООО «Строймехсервис Метростроя» для испытаний. Испытания прошли успешно. В результате по заказу ООО «Строймехсервис Метростроя» были прокатаны и переданы заказчику для промышленного использования анкеры в количестве 3500 штук общей массой 140 тонн.

Во время работы над этой темой у нас возникли некоторые новые идеи, которые, безусловно, требуют дальнейшей проработки. Дело в том, что при прокатке в нашем случае резьба накатывалась по всей длине трубы. Это в большей степени определялось возможностями прокатного стана, т.к. на существующем прокатном стане нет механизма, позволяющего перемещать валки (сводить-разводить) в процессе прокатки. Анализ требований к трубе – анкеру показывает, что для большинства грунтов на внешней поверхности трубы – анкера, резьбовую поверхность необходимо выполнять только по концам. Этого достаточно для того, чтобы соединить отдельные трубы-заготовки в сваю требуемой длины с помощью муфт. Если резьбу накатывать не по всей длине трубы, то транспортировка трубы через очаг деформации без прокатки может быть осуществлена со значительно большей скоростью, что сразу повышает производительность процесса. Таким образом, у нас

возникло предложение несколько изменить существующую технологию прокатки винтовых труб. Нужно освоить такую технологию прокатки труб-анкеров, которая бы позволила накатывать резьбу не по всей длине, а только на концах трубы, тогда в средней части поверхность трубы будет оставаться гладкой. Реализация такого процесса, как уже говорилось, требует создания соответствующего оборудования, позволяющего сводить и разводить валки в необходимый момент, что должно привести к повышению производительности процесса, экономии электроэнергии и увеличению срока службы инструмента.

Выводы:

1. Анализ способов получения изделий с винтовой поверхностью показал, что винтовые изделия, полученные прокаткой, характеризуются более высокой прочностью и твердостью рабочей поверхности, по сравнению с изделиями, изготовленными обработкой резанием. Производительность процесса значительно выше и при этом полностью устраняются потери на стружку, которые при обработке резанием составляют 15-20 % от массы изделия.
2. Разработана технология производства труб-анкеров с накатанной наружной резьбой.
3. Прокатана опытная партия труб-анкеров диаметром 60/33 мм из заготовки диаметром 57/33 мм из стали 40Х в количестве 3500 штук,

массой 140 тонн, которая передана для промышленного использования в ООО «Строймехсервис Метростроя».

4. Сформулированы требования к конструкции нового промышленного стана для производства труб-анкеров. Создание нового стана позволит накатывать резьбу на поверхности заготовки трубы на любом, требуемом по ее длине, участке (по концам, по концам и другим участкам по длине, по всей длине). Это позволит резко интенсифицировать процесс изготовления труб-анкеров.

Литература:

1. Целиков А.И., Барбарич М.В, Васильчиков М.В., Грановский С.П., Е.А Жукевич-Стоша. Специальные прокатные станы. Москва. Металлургия, 1971.
2. Васильчиков М.В, Волков В.В. Поперечно-винтовая прокатка изделий с винтовой поверхностью. Москва. Машиностроение, 1968.
3. Розов Н.В. Производство труб. Справочник. Москва, Металлургия, 1974.
4. Смирнов В.С. Поперечная прокатка в машиностроении. Машгиз., 1957.

Разработка безызносных узлов машин и механизмов XXI века на основе металлоплакирования поверхностей трения

*ТЯЛИНА Дарья Александровна
г. Москва, ГБОУ СОШ №767, 11 класс*

*Научный руководитель:
Мельников Эдуард Леонидович,
д.т.н., профессор кафедры
«Технологии обработки материалов»
МГТУ им. Н.Э. Баумана*

В основу представленной работы положено открытие российским ученым, основателем международной школы трибологии, Дмитрием Николаевичем Гаркуновым явления безызносности (избирательного переноса при трении). Явление безызносности – это новый вид трения, который обусловлен самопроизвольным образованием в зоне контакта двух твердых тел неокисляющейся тонкой металлической пленки (сервовитная пленка) с низким сопротивлением сдвигу и неспособной накапливать при деформации дислокации. На сервовитной пленке, образуя с ней химическую связь, возникает дополнительная защитная пленка (серфинг – пленка) из продуктов деструкции углеводородов смазки. Указанные пленки на порядок снижают силы трения в трибопаре, износ которого при этом уменьшается в 100 ... 1000 раз.

Работа посвящена исследованию повышения износостойкости узлов трения за счет применения металлоплакирующих смазочных

материалов. При введении в активную смазочную среду на минеральной или синтетической основе мягких металлов переменной валентности: меди, олова, свинца, цинка и др. в различных формах соединений (оксиды, гидроксиды, металлоорганические соединения, соли жирных кислот) на поверхностях трения, в местах фактического контакта образуется защитная металлическая пленка толщиной 1-2 мкм. Эта пленка примерно в 10 раз превышает толщину пленок, образующихся при смазке с присадками химического действия.

Патент создания безызносных узлов трения безраздельно принадлежит природе, которая за миллионы лет развития разработала один универсальный механизм – узел трения для человека, животного, птиц, рыб. В нем сопряженные поверхности костей суставов покрыты мягким материалом – хрящем, на котором имеется полимерная пленка, пропитанная синовиальной жидкостью. Природа создала только одну конструкцию закрытого узла трения, применив один материал и одну смазку, обеспечив надежность и универсальность его.

При трении в режиме безызносности с использование металлоплакирующих смазок, материал одного твердого тела отделён от материала другого твердого тела сопряжения мягким металлическим слоем (сервовитной пленкой), на котором находится серфинг – пленка (металлоорганическая пленка). Такое строение

поверхностей трения совершенно аналогично строению поверхностей трения в суставах живых организмов.

В работе на специальной машине трения МТ-10 по патенту 2378637 исследованы различные металлоплакирующие смазки, сделана оценка термостойкости и интенсивности износа при применении различных смазок в одинаковых условиях эксплуатации узлов трения, а также приведены рекомендации по применению их в ряде отраслей техники: машиностроении, станкостроении, авиации, транспорте, сельскохозяйственной технике, машинах и аппаратах химических производств, в бытовой технике. Доказана высокая эффективность применения металлоплакирующих смазок в условиях разразившегося мирового кризиса, в решении ряда экологических проблем.

К середине XX века триботехника чётко разделилась на три раздела, тесно связанных между собой:

1. Трение несмазанных поверхностей;
2. Граничное трение
3. Гидродинамическое трение.

Это положение о трех видах трения существовало до открытия нового вида трения – безыносного, когда экспериментально в 1956 году два крупных российских учёных – триботехника Д. Н. Гаркунов и И. В. Крагельский установили, что при граничном трении трущиеся детали могут самопроизвольно разделяться не только тонкой плёнкой смазки толщиной около 0,1 мкм, но и

металлической плёнкой толщиной 1-2 мкм, образующейся в процессе работы узла трения. Установленный вид трения вначале был назван «избирательным переносом», а в последствии – «эффектом безызносности» или «безызносным трением». Износ деталей при «безызносном трении» может полностью отсутствовать. Детали при этом выдерживают более высокие нагрузки и материалы деталей не соприкасаются между собой – они разделены тонкой металлической, так называемой, сервовитной пленкой.

Приведем определение эффекта безызносности. Эффект безызносности – новый вид трения, который обусловлен самопроизвольным образованием в зоне контакта тонкой неокисляющейся металлической пленки с низким сопротивлением сдвигу и не способной накапливать при деформации дислокации. На пленке, образуя с ней химическую связь, может происходить образование координационных соединений из продуктов механической деструкции углеводородов смазки, создавая дополнительный антифрикционный слой. Поскольку при эффекте безызносности трение сопровождается эволюционными процессами – образованием металлической пленки на трущихся поверхностях, то главным в этом случае становится самоорганизующийся характер трения, который обусловлен обменом трущейся пары с внешней средой энергией и веществом, а также коллективным поведением ионов металла, из которых формируется металлическая пленка. Она представляет собой металл в особом состоянии, имеющим место

только в процессе трения. Трение не может уничтожить пленку, так как оно ее воспроизводит.

Пленка при трении образуется из одного из материалов, участвующих в трении (бронзы, латуни), или другого медного сплава, или же из смазочного материала, содержащего порошки пластичных металлов, их соли, комплексные соединения металлов, металлоорганические соединения. Массоперенос при обычном трении повышает износ или делает сопряжение неработоспособным. При эффекте безызносности это явление снижает или полностью исключает изнашивание поверхности трения.

Таким образом, трение из разрушительного процесса при граничной смазке, в условиях безызносности превращается в созидательный и его можно представить как самоорганизующееся явление неживой природы со свойствами, напоминающими функции работы сустава живого организма. В этом случае при трении не достигается уровень деструкции материала, при котором происходит износ, из – за периодической разрядки дислокаций на поверхности и аннигиляции их с вакансиями.

Разработаны теоретические основы создания маслорастворимых добавок к смазочным материалам с использованием металлов, обеспечивающих реализацию в узлах трения эффекта безызносности. Теоретически Д. Н. Гаркуновым обосновано и экспериментально доказано, что введение мягких металлов (Cu, Sn, Pb, Ag, Au, Cd, Zn) в смазочные масла может в

значительной степени повысить износостойкость пар трения и, как следствие, повысить их ресурс.

Механизм образования защитных сервовитных и серфинг – пленок трибосопряжений. Патенты живой природы. Синергетика и самоорганизация трибосистем.

В середине 50-х гг. прошлого столетия при исследовании технического состояния шасси самолетов было обнаружено явление самопроизвольного образования тонкой пленки меди в парах трения бронза – сталь при смазывании их спиртоглицериновой смесью. Пленка меди толщиной 1...2 мкм в процессе трения покрывала, как бронзу, так и сталь. Она резко снижала износ узла трения и уменьшала силу трения примерно в 10 раз. Почти в то же время подобное явление было обнаружено в парах трения сталь – бронза при смазывании смазкой ЦИАТИМ -201 (в шарнирно – болтовых соединениях самолетов), а несколько позднее – в паре сталь – сталь в узлах трения компрессора домашнего холодильника при смазывании маслофреоновой смесью.

Исследования показали, что медная пленка в паре сталь – бронза образуется в результате анодного растворения бронзы. При этом легирующие элементы цинк, олово, алюминий, железо уходят в смазочный материал и поверхность обогащается медью. После того как поверхность бронзы и стали покроется медью, растворение бронзы прекращается и устанавливается режим избирательного переноса (ИП). В узлах трения компрессора домашнего

холодильника медная пленка в паре сталь – сталь возникает в результате растворения медных трубок охладителя холодильника. Ионы меди, поступая в маслореоновою смесь, двигались в зону контакта, где формировалась защитная медная пленка. Компрессоры холодильников могут работать десятки лет без ремонта.

Избирательный перенос при трении (эффект безызносности) – явление, по своему характеру противоположное изнашиванию: если при изнашивании во время трения все процессы в зоне контакта сводится к разрушению поверхности, то процессы при избирательном переносе носят созидательный характер: они необратимы и относятся к самоорганизующимся процессам неживой природы. Контактное взаимодействие деталей происходит не по всей поверхности трения, а только в отдельных точках (отношение фактической площади контакта к номинальной составляет 1:100 – 1:10000). Учитывая указанные выше факторы, вызывающие изнашивание узлов трения, длительное время главным направлением борьбы с изнашиванием и уменьшением сил трения было повышение твердости поверхностей трения деталей машин. При повышении твердости материала уменьшается взаимное внедрение одной поверхности в другую, снижаются пластические деформации и окислительные процессы, а также действие абразива. Было разработано много методов повышения твердости деталей: цементирование, хромирование, азотирование, поверхностная закалка, наплавка твердыми материалами и др. Это решило многие

вопросы, связанные с повышением ресурса машин и оборудования. Однако с увеличением нагрузок в узлах трения, ухудшении условий смазывания методы повышения износостойкости деталей путем увеличения их твердости перестали себя оправдывать.

При тяжелых условиях нагружения, значительных давлениях на контакте (>100 МПа) трущуюся пару можно рассматривать как термодинамическую систему, где возможен обмен поверхностями трения с внешней средой (смазкой) энергией и веществом и, следовательно, возможно образование новых структур на основе самоорганизующихся процессов.

Это и было обнаружено в стойках шасси самолетов при работе пары трения сталь – бронза и узлах трения компрессора домашнего холодильника в парах трения сталь – сталь. В поисках новых путей повышения износостойкости деталей машин целесообразно обратиться к живой природе. Анализ нагруженных подвижных сочленений живых существ показывает, что имеются два типа узлов трения - открытые и закрытые. Открытость и закрытость здесь понимаются не в термодинамическом понятии, а в смысле попадания на трущиеся поверхности абразивных части, влаги, пыли и других веществ. В открытых узлах трения работает твердый материал по твердому – это зубы животных. Закрытые узлы трения – суставы живых организмов, «сконструированные» на принципах, которые в машиностроении не применяют. На твердой кости располагается мягкий хрящ, на поверхности которого имеется тонкая подвижная

полимерная пленка. Сопряженная поверхность имеет такую же структуру. В суставе работают два одинаковых материала, причем мягкий по мягкому. Суставы здорового человека имеют коэффициент трения $0,001...0,03$, что много ниже коэффициента трения в гидродинамических радиальных подшипниках или в прецизионных подшипниках качения. Хотя поверхность хряща сустава и имеет шероховатость, но в процессе нагружения сустава и его движения площадь фактического контакта в результате смятия шероховатости близка к 100%.

Сравним работу сустава человека и пары трения бронза – сталь в режиме избирательного переноса. Анализ приведенных схем показывает, что имеется достаточно четкая внешняя аналогия между работой сустава живого организма и пары трения бронза – сталь в режиме избирательного переноса. Эта аналогия лишь внешняя. В действительности механизм работы сустава живого организма в тысячи раз сложнее. Заметим, что подобные пары трения у мыши, слона, рыбы, птицы являются универсальными узлами, обладающими «безызносностью». Известно, что биологические системы обладают способностью к самовосстановлению и могут работать десятки лет без износа. Долгое время существовало как бы противоречие законов развития живой и неживой природы. Основной закон термодинамики Клаузиуса предсказывает рост энтропии, т. е. беспорядка в замкнутой системе. Эволюционная теория Дарвина, наоборот, устанавливает, что в основе отбора лежит

повышение степени организованности биологических систем. Эти взаимно противоположные законы развития можно представить графически. Однако в последние десятилетия биологическая эволюция стала рассматриваться с кибернетических позиций и понятий автоматического регулирования и обратной связи, что в значительной степени сблизило эти два закона развития мира.

Во многих явлениях неживой природы явно отсутствуют какие – либо признаки самоорганизации, наблюдается распад системы и увеличение энтропии. Так, кусочек обычного сахара, выставленный на воздух, через некоторое время испаряется, исчезает. Обратного явления не происходит, сахар «из ничего» не образуется. След самолета в небе из конденсированных паров воды также вскоре рассеивается, пропадает. Подобных примеров множество. Но вот и другие примеры. При определенных условиях из паров воды, находящихся в воздухе, образуются (выпадают) снежинки. Они имеют правильную форму и по структуре более высокую организацию, чем обычный пар. Здесь налицо явная самоорганизация. Из расплавов металлов или растворов солей образуются кристаллы. Это примеры самоорганизации неживой природы.

Самоорганизация не является универсальным свойством материи и существует лишь при определенных внутренних и внешних условиях. Вместе с тем это свойство не связано с каким – либо особым классом веществ. Узел трения в неживой природе

может удовлетворять требованиям самоорганизации. Он представляет собой открытую систему. К нему подводится энергия от электродвигателя, вращающего механизм, или от двигателя внутреннего сгорания. Как, правило, узлы трения смазываются. Смазочный материал состоит из множества одинаковых элементов, в данном случае – молекул. В нем могут быть ионы металлов. Все это создает условия для самоорганизации новых структур.

До последнего времени считалось, что трение является разрушительным процессом. Обратное утверждение считалось абсурдом, как и то, что можно создать узел, который бы не изнашивался.

Феномен бытового холодильного агрегата, узлов трения летательных аппаратов.

Однако природа позаботилась и о машинах. Рассмотрим один из примеров самоорганизации – узлы трения компрессора домашнего холодильника. Компрессор холодильника, как уже отмечалось, работает десятки лет в тяжелых условиях (постоянные пуски и остановки) практически без износа. Детали, работающие на трение, выполнены из стали, смазочным материалом служит смесь 50% масла и 50% фреона. В процессе работы на поверхностях трения стальных деталей - шейках коленчатого вала (шатунной и коренных), сопряженных подшипниках, поршне и цилиндре – самопроизвольно образуется тонкая медная пленка толщиной 1...2 мкм. Пленка формируется из ионов меди, образующихся в смазочном материале

в результате незначительного коррозионного процесса медных трубок охладителя. Медные трубки растворяются маслореононовой смесью и в ней появляются ионы меди. К месту контакта трущихся деталей ионы приносит охлаждающая смесь из фреона и масла, исполняющая также роль смазочного материала. После того, как в зоне контакта образуется медная пленка, условия трения деталей резко изменяются: снижается давление на контакте, уменьшается сила трения, падает температура, снижается износ пар трения.

На основании рассмотренного примера можно утверждать, что трение сопровождается эволюционными процессами, в результате которых разрушение поверхности становится второстепенным. Главным выступает созидательный характер трения, который обусловлен обменом узла трения с внешней средой энергией и веществом, образование медной пленки, защищающей поверхности трения от изнашивания. Эту защитную пленку называют сервовитной (от лат. Servo-witte- спасти жизнь). Она представляет собой вещество (металл), образованное потоком энергии и существующее только в процессе трения. Трение не может уничтожить пленку, оно её создает. Образование защитной пленки относится к новому классу самоорганизующихся явлений неживой природы. Их изучение только началось.

При деформировании сервовитная пленка не разрушается и не подвергается усталостному разрушению. Она воспринимает нагрузки, покрывая шероховатости поверхностей трения стальных и

чугунных деталей, которые практически не участвуют в процессе трения. В этих условиях мягкий металл работает по мягкому, нагрузка распределяется равномерно по поверхности трения, поэтому на единицу площади она незначительна. Это способствует продлению ресурса узла трения. Между трущимися поверхностями, покрытыми тонкой пленкой, располагается тонкая защитная серфинг – пленка, образующаяся в результате наличия смазки в узле трения и обеспечивающая мягкое скольжение при трении.

Самоорганизация медных пленок возникает на основе синергетики - науки о переходе сложных систем в живой и неживой природе от неупорядоченного состояния к упорядоченному, и обратно. Подобные явления образования сервовитных и серфинг – пленок были обнаружены и при эксплуатации летательных аппаратов, например, на бронзовой буксе шасси самолета ТУ-104.

Металлоплакирующие смазочные материалы для трибосопряжений в XXI веке.

Многие десятилетия (более 60 лет) для обеспечения нормального режима работы и снижения износа сопряженных пар трения в смазочные материалы для химического модифицирования поверхностей трения вводились противоизносные – противозадирные присадки, включающие элементы V, VI, VII групп системы Менделеева, в основном серу, хлор и фосфор в количестве до 15%. Общим в механизме действия защиты поверхностей трения таких присадок является образование тонких пленок около 0,1 мкм в

виде сульфидов, хлоридов, фосфидов железа в результате химического взаимодействия присадок или продуктов их химического распада с контактирующими поверхностями металлов.

Защита трущихся поверхностей применением сложных элементоорганических соединений продолжается до тех пор, пока не израсходовалась присадка, после чего наблюдается ускоренный износ пар трения.

В связи с ужесточением условий эксплуатации машин и механизмов, большими тепловыми и фрикционными нагрузками, традиционно применяемые органические присадки не могут удовлетворить требования, предъявляемые к смазочным материалам. В решении этой проблемы получает развитие принципиально новое направление в создании смазочных материалов, основанное на научном открытии эффекта безызносности с использованием в узлах трения «металлоплакирующих» смазочных материалов. Впервые термин «металлоплакирующий» появился в 1962 году в связи с изобретением смазочного материала, реализующего эффект безызносности (избирательный перенос) – авторское свидетельство №179409 от 14.05.1962г. Металлоплакирующие смазочные материалы (МСМ) – это материалы, содержащие (по массе от 0,1 до 10%) присадки: порошки металлов, сплавов и их оксидов, соли и комплексные соединения металлов, металлоорганические соединения. При использовании МСМ реализуется эффект безызносности, который проявляется в том, что на трущихся деталях

в процессе работы узлов трения формируется тонкая, трудно поддающаяся окислению, защитная самовосстанавливающаяся металлическая пленка из введенных в смазочные материалы присадок. Толщина пленки составляет от нескольких атомных слоев до 1-2 мкм.

Природа за миллионы лет развития выработала универсальный – один узел трения для человека, животного, птицы и рыбы. Здесь сопряженные поверхности костей покрыты хрящом, на котором имеется полимерная пленка, пропитанная синовиальной жидкостью. Работают в суставах одноименные материалы, причем мягкий по мягкому. Природа создала только одну «конструкцию» закрытого узла трения, используя один материал и одну смазку, сосредоточив внимание на надежности и универсальности узла.

Человечество при своем развитии и при совершенствовании научно – технических разработок не раз использовало аналоги явлений, выработанных за миллионы лет природой. Можно сказать, что в России впервые начаты работы по созданию узлов трения, которые по своему принципу напоминают суставы живых организмов.

За последние 10 лет в материаловедении появился новый термин – «интеллектуальные» материалы. Это ознаменовало новую фазу в конструировании материалов. Работы проводятся в Японии и Америке. Научных работников по изучению эффекта безызносности можно отнести к специалистам по созданию «интеллектуальных» узлов трения. Взять хотя бы метод восстановления изношенных

узлов трения машин без их разборки. Это напоминает выздоровление живого организма после какой – либо травмы.

Формирование сервоитной пленки в результате самоорганизации наночастиц на стальных поверхностях трущихся деталей машин в процессе трения происходит из ионов меди, которые, подходя к ювенильной поверхности трения, захватывают электроны от стальной поверхности и превращаются в атомы; последние кооперативно начинают строить на контактирующих поверхностях кристаллическую решетку меди толщиной 1-2 мкм.

Примечательно, что кристаллизация пленки происходит в стесненных условиях: большие контактные давления, сдвиговые деформации, комнатные температуры и др. Здесь кристаллизационные силы природы преодолевают все эти «препятствия» и выстраивают пленку меди с иными свойствами по сравнению с пленкой из обычной меди: огромное количество вакансий; малое число дислокаций; микропористость и уменьшение параметра кристаллической решетки.

Следует признать, что это лишь самое начало работ по данному направлению в области триботехники. Однако уже в данное время можно утверждать, что при решении такой важной проблемы на первый план теоретических исследований должны быть поставлены самоорганизующиеся процессы наночастиц в зоне фрикционного контакта.

Для осуществления процесса металлоплакирования в режиме избирательного переноса, в смазочном материале наряду с металлоплакирующим соединением необходимо наличие поверхностно – активных веществ, а также соединений, способных растворять окислы металлов. В зазоре между трущимися поверхностями генерируется ЭДС, напряженность электрического поля достигает значений 10^4В/м^3 , благодаря чему и осуществляется перенос ионов металлов, молекул поверхностно – активных веществ.

Сравнительные исследования снижения интенсивности износа узлов трения при использовании металлоплакирующих смазочных материалов в лаборатории триботехники кафедры МТ-13 приведены в реферате, подготовленном мною к олимпиаде «Шаг в будущее». Широкие перспективы металлоплакирования поверхности трения в последнее время намечаются в металлообработке (штамповке, волочении, прокатке).

Заключение.

Опыт прошлого свидетельствует, что научные прогнозы всегда значительно перекрывались новыми открытиями и возможностями. К этому есть все основания, ведь триботехника находится в начале нового этапа своего развития. Возможно в ближайшее время специалисты по триботехнике в содружестве с физиками, химиками и металловедами разработают «интеллектуальные» материалы, а на их основе - универсальные узлы трения механизмов и машин; новые конструкционные и смазочные материалы, обеспечивающие

эффект безызносности; технологические процессы обработки деталей, которые вообще исключают приработку машин и оборудования; точные методы расчета износа узлов трения при заданном времени работы машины; способы фрикционного нанесения на поверхности трущихся деталей не только меди и ее сплавов, но и алюминия, хрома, никеля и других металлов в сочетании с полимерными материалами; внедрят в промышленное производство триботехнологии и нанотриботехнологии на основе процессов самоорганизации наночастиц в трибосопряжениях, а также решат многие другие задачи.

Литература:

1. Гаркунов Д.Н. Триботехника. Износ и безызносность. Учебник для Вузов. М.: Издательство МСХА, 2001. 614с.
2. Гаркунов Д.Н. Триботехника. Конструирование, изготовление и эксплуатация машин. Учебник для Вузов. М.: Издательство МСХА, 2002, 629с.
3. Гаркунов Д.Н., Мельников Э.Л., Гаврилюк В.С. Триботехника. Краткий курс. Учебное пособие. М.: Издательство МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2008г.. 308с.
4. Гаркунов Д.Н., Мамыкин С.М., Мельников Э.Л., Гаврилюк В.С. Экологическая и экономическая эффективность новых решений

трибологических проблем. – Промышленная политика в Российской Федерации, №8, 2008, с.41-52.

5. Балабанов В.И., Беклемешев В.И., Гамидов А.Г., Ищенко С.А., Михонин И.И., Филлипов К.В. Безразборный сервис автомобиля. М.: Издательство «Известия», 2007. 272с.

6. Гаркунов Д.Н., Бабель В.Г., Мамыкин С.М., Мельников Э.Л., Гаврилюк В.С. Новые направления в триботехнике и их использование в повышении износостойкости механизмов и машин. М.: Издательство МСХА, 2007. 58 с.

СЕКЦИЯ II. Информатика и системы управления
Подсистема автоматического слежения за транспортными
средствами

ЕВТУХОВ Александр Андреевич
г. Москва, лицей №1580, 11 класс

Научный руководитель:
Андреев Арк Михайлович,
к.т.н., доцент кафедры
«Компьютерные системы и сети»
МГТУ им. Н.Э. Баумана

В настоящее время большое значение придается системам слежения за автомобилями. Мы перечислим только самые важные: автоматизированные парковки, датчики слежения за соблюдением скоростного режима, системы поиска незаконно припаркованных авто. Одной из важнейших частей этих систем является блок распознавания автомобильного номера, в случае его отсутствия любая из этих систем потеряет всякий смысл своего существования. Создание надежных систем машинного зрения для таких систем и на сегодняшний день остается очень актуальной задачей, так как большинство аналогичных программ, созданных частными компаниями, стоят очень дорого. Поэтому в данной работе ставилась цель - создание собственной системы распознавания данных, используя, где это возможно, новые алгоритмы. Реализацию было решено производить на языке C#, используя среду разработки

Microsoft Visual Studio. В результате выполнения работы автор хотел с использованием языка C# создать систему машинного зрения, способную распознавать автомобильные номера, а также создать простейшую программу для фиксации незаконно припаркованных автомобилей.

Задачу распознавания можно представить в виде следующей последовательности операций (рис. 1):

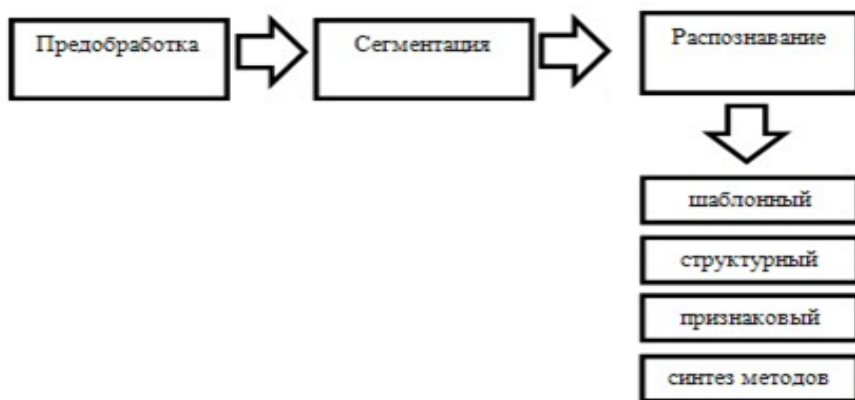


Рис. 1. Общая структура программы по распознаванию символов.

Предобработка включает в себя операции по нахождению номерной пластины на исходном изображении, бинаризации, первичному очищению картинки от шумов и лишних линий обрамления номерной пластины. Сегментация включает в себя операции по выделению одного символа с картинки (рис. 2). Операции распознавания позволяют идентифицировать символы. Предобработка изображения включает в себя:

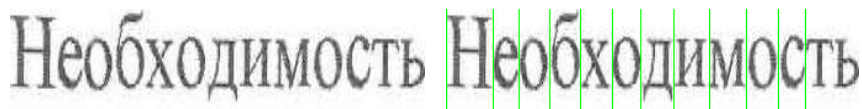


Рис. 2. Пример сегментации.

- бинаризацию изображения,
- обрезание номерной пластины,
- фильтр увеличения четкости границ,
- фильтр случайных черных точек.

Были рассмотрены различные алгоритмы, после чего были созданы новые алгоритмы по бинаризации и фильтрации изображения. На этапе сегментации был использован созданный автором алгоритм, так как все найденные алгоритмы не подходили для сегментации символов на автомобильном номере [1,2,3]. Результаты работы алгоритмов можно видеть на рисунке 3.



Рис. 3. Различные этапы обработки изображения.

Был произведен анализ различных алгоритмов распознавания символов с использованием статьи Е.П. Путятин «Нормализация и

распознавание изображений» [5]. На рисунке 4 изображены основные процедуры и методы распознавания изображений.

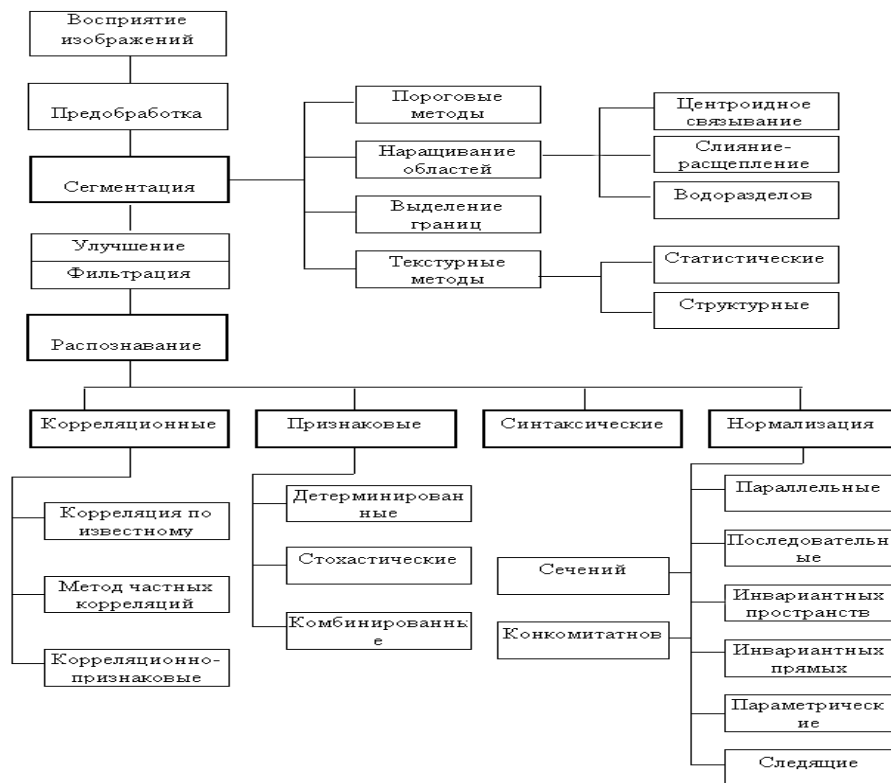


Рис. 4. Основные процедуры и методы распознавания изображений.

В результате анализа для реализации был выбран шаблонный метод распознавания, так как он лучше всего подходит для распознавания ортонормированных символов и обладает рядом преимуществ при решении данных задач перед структурными методами. Было произведено исследование операции по скелетизации символа, которая необходима для работы более

сложных алгоритмов распознавания символов. Были исследованы три алгоритма, один из которых был разработан автором (алгоритм Зонга-Сюня), его модификация, авторский алгоритм. В ходе исследования были выявлены недостатки не модифицированного алгоритма Зонга-Сюня, а также ряд недостатков авторского алгоритма. Поэтому был сделан вывод о том, что модифицированный алгоритм является наиболее подходящим для реализации при использовании структурных методов распознавания символов. Также была сделана простая программа, позволяющая фиксировать незаконно припаркованные автомобили. На вход программы подается изображение номерной пластины, с которой считывается номер. После ручного ввода координат автомобиля и времени его фиксации производится обработка базы данных, которая выдает таблицу нарушителей. Интерфейс программы показан на рисунке 5. В данной работе была решена задача создания подсистемы слежения за транспортными средствами, основным функциональным элементом которой, является блок распознавания символов автомобильных номеров. В работе выполнен анализ различных методов распознавания печатных символов. Автор исследовал различные алгоритмы предобработки, сегментации и распознавания, использованные в дальнейшем для реализации поставленной задачи. В работе предложены авторские решения задач бинаризации, сегментации, фильтрации. В результате была создана

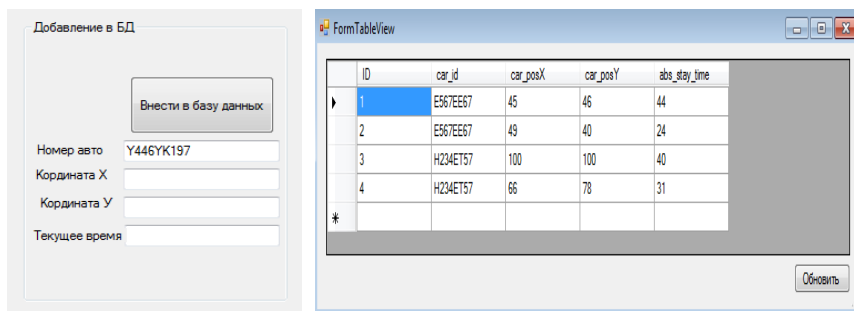


Рис. 5. Интерфейс программы.

программа для распознавания номерных пластин автомобиля, обработки результатов и фиксации (хранение в базе данных) номеров незаконно припаркованных автомобилей. В работе были исследованы алгоритмы скелетизации и получен наиболее оптимальный алгоритм с точки зрения производительности и результативности работы.

Литература:

1. Доклады ТУСУРа, № 2 (18), часть 1, июнь 2008 -А.В. Афонасенко, А.И. Елизаров Обзор методов распознавания структурированных символов
2. <http://habrahabr.ru/post/142818/> - Матричные фильтры обработки изображений
3. <http://xain.hackerdом.ru/zine/online/issue0/Breaking%20Da%20CAPTCHA.html#ident> - Breaking da CAPTCHA
4. Нормализация и распознавание изображений, Е.П. Путятин

Интеллектуальный акватеррариум для красноухой черепахи

*КАЙЗЕР Гайана Оттаровна
г. Орск, МОАУ СОШ №38, 11 класс*

*Научный руководитель:
Рогова Евгения Александровна,
учитель информатики
МОАУ СОШ №38, г. Орск*

Актуальность исследований. Довольно много людей (примерно 2 семьи из 3-х) имеют домашних животных. Сравнительно небольшая часть из них решается завести экзотических питомцев. Приблизительно с 2000г. – 2005г. в данной категории животных стали пользоваться успехом красноухие черепахи. Такая тенденция обусловлена наибольшей неприхотливостью (уход, пища, место обитания) этого вида черепах по сравнению с иными представителями экзотики (змеи, пауки, моллюски и пр.). Но, к сожалению, есть люди, разочаровавшиеся в своем выборе. Большая часть из них просто не смогла обеспечить поддержание постоянства среды обитания животного должным образом. Следует пояснить: красноухая черепаха в естественной среде – обитатель теплых пресных (иногда заболоченных) водоемов с открытыми для солнца берегами, завезена в Россию из Америки. Главной причиной того, что это изначально дикое животное стало

домашним, является необычный внешний вид черепахи. Красноухая черепаха не требовательна к условиям содержания, но они должны быть близки к естественным, т.е. необходимо наличие теплой воды (в идеале 25 – 28 °С), достаточного освещения и, желательно, источника ультрафиолетового излучения (как альтернатива солнечным лучам).

Для удовлетворения требований к содержанию применяют обычно аквариумное оборудование, специальные ультрафиолетовые лампы, предназначенные для рептилий. В силу того, что красноухая черепаха все же остается довольно редким жителем домашних зооуголков, специальных устройств именно для ухода за этим животным не предусматривается. Однако вопрос содержания красноухих черепах рассматривается в литературных источниках, одни из них: Чегодаев А. Е., автор книги «Аквариумные и террариумные черепахи. Содержание. Кормление. Разведение. Профилактика заболеваний», Степура А. В. «Рептилии в аквариуме», Красичкова А. Г. «Красноухие черепахи» и многие другие.

Цель работы: проектирование и изготовление устройства «Интеллектуальный акватеррариум для красноухой черепахи», способного обеспечить поддержание параметров акватеррариума, близких к естественным (температура воды 25- 28 °С, достаточная освещенность, подача свежего воздуха, наличие островка и источника УФ-излучения). Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

- проведены предпроектные исследования:
 - биология: исследование условий содержания красноухой черепахи в домашних условиях [4];
 - физика;
 - системотехника: построение схем, расчеты параметров компонентов и т.д.;
 - информатика: разработка программного обеспечения для микроконтроллеров [1 – 3];
- исследована элементная база, необходимая для реализации интеллектуального акватеррариума для красноухой черепахи;
- создано устройство «Интеллектуальный акватеррариум для красноухой черепахи».

При создании «Интеллектуального акватеррариума для красноухой черепахи» использованы следующие методы исследований:

- анализ данных из различных информационных источников о среде обитания красноухих черепах и необходимых условиях для содержания их в неволе и об уже существующих решениях поставленных задач;
- моделирование, т.е. разработка математической модели «Интеллектуального акватеррариума для красноухой черепахи». Метод прогнозирования в данном случае является представлениями (предполагаемый сценарий событий в

зависимости от условий среды акватеррариума) о работе устройства, основанными на математической модели;

- эксперимент– проверка представлений о работе «Интеллектуального акватеррариума для красноухой черепахи» непосредственно на практике.

Постановка задачи. В связи с желанием содержать в домашних условиях такое сравнительно редкое для зооуголков животное необходимо, исходя из ранее описанных требований к искусственной среде обитания, устранить следующие проблемы:

- отсутствие (или недоступность по ряду причин) обогревателя со встроенным терморегулятором;
- неудобство и неэстетичность наличия большого количества проводов, обеспечивающих питание устройств, находящихся в акватеррариуме, а также отсутствие сетевых фильтров, рассчитанных на данное количество устройств;
- проблема выхода из строя обогревателя при понижении необходимого уровня воды;
- проблема перегрева, сильной влажности и недостаточной конвекции воздуха в акватеррариуме;
- проблема отсутствия и высокой стоимости УФ-лампы (ультрафиолетовой);
- нерациональное использование пространства акватеррариума.

1. Междисциплинарные связи между подсистемами различной физической природы.

Устройство «Интеллектуальный акватеррариум для красноухой черепахи» создано для обеспечения поддержки постоянства среды акватеррариума. Оно представляет собой совокупность устройств, находящихся под управлением микроконтроллера и способных влиять на характеристики среды акватеррариума. В природе красноухая черепаха обитает в мелких озерах, прудах и других водоёмах с низкими, заболоченными берегами, ведёт относительно малоподвижный образ жизни. Следовательно, необходимо искусственно создать такие условия, которые были бы максимально схожи с естественными. Для содержания красноухой черепахи в неволе необходимы следующие условия:

- акватеррариум объемом от 100 до 150 л;
- чистая вода, температурой от +26 до +28°C;
- достаточное освещение;
- дозированное ультрафиолетовое облучение (длительность облучения зависит от параметров источника ультрафиолетового излучения);
- определенный неменяющийся уровень воды;
- наличие свежего воздуха.

На рис. 1 представлена структурная схема «Интеллектуального акватеррариума». На ней отображены основные части устройства:

- датчики температуры (их 2 – вода и воздух);
- клавиатура (ввод данных);

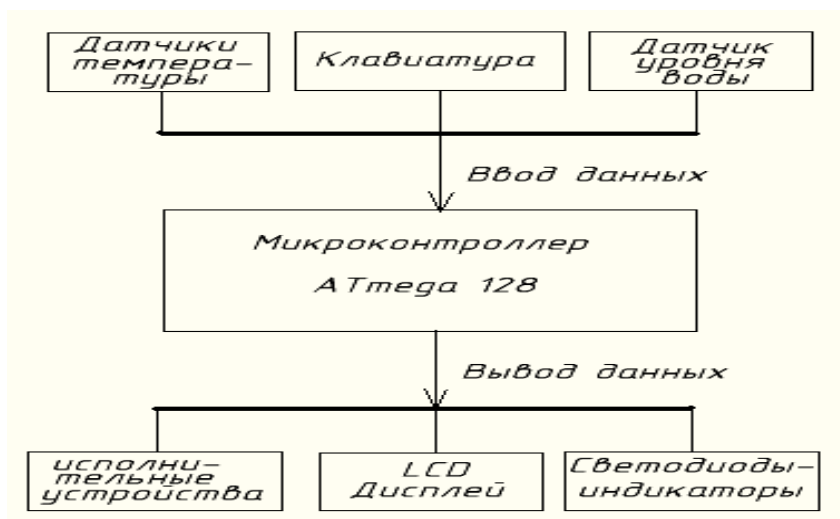


Рис. 1. Структурная схема «Интеллектуального акватеррариума для красноухой черепахи»

- LCD дисплей (на него выводятся текущие значения параметров);
- светодиоды-индикаторы.

На основе имеющихся сведений была создана обобщенная физико-математическая модель интеллектуального управления режимами акватеррариума. При создании данного устройства необходимо учесть, что микроконтроллер и все устройства кроме обогревателя потребляют постоянный ток, сила которого до 40 мА. Обогреватель же рассчитан на переменное напряжение 220В. Так как, мощность обогревателей различна, необходимо произвести

расчеты для нахождения оптимального значения мощности в конкретном случае можно выполнить по формуле (1):

$$P = V \times (t_1 - t_0) \times w, \quad (1)$$

где P – мощность обогревателя, Вт;

V – объем воды, л;

t_1 – необходимая температура воды, °C;

t_0 – начальная температура воды (приблизительное значение), °C;

w – коэффициент расхода мощности, Вт/(л×°C) (таблица 1).

Таблица 1. Значения коэффициентов расхода мощности.

№	Объем воды, л	Коэффициент расхода мощности, Вт/(л×°C)
1	10	0,3
2	25	0,2
3	50	0,13
4	100	0,1
5	200	0,07

Объем воды можно найти следующим образом:

$$V = l \times b \times h, \quad (2)$$

где l – длина террариума, м;

b – ширина террариума, м;

h – высота уровня воды, м.

В результате обобщения формул 1 и 2 получим:

$$P = l \times b \times h \times (t_1 - t_0) \times w. \quad (3)$$

В ходе произведенных расчетов было получено значение мощности, приблизительно равное 21,06 Вт (при стандартных условиях и разнице температур в 3°C), следовательно, правильнее всего будет использование обогревателя мощностью 25 Вт. Появляется проблема с объединением обогревателя и управляющей системы, заключающаяся в разнице параметров потребляемого электрического тока (таблица 2).

Таблица 2. Сравнение характеристик электрического тока, потребляемого управляющей системой и обогревателем.

№	Параметр	Управляющая система	Обогреватель
1	Вид напряжения	постоянное	переменное
2	Значения напряжения	5 В	220 В
3	Сила тока (макс.)	40 мА	114 мА

Значение силы тока, на которую рассчитан обогреватель, найдено по данной формуле:

$$I = \frac{P}{U}, \quad (4)$$

где P – мощность прибора (обогревателя), Вт,

I – сила тока, А,

U – напряжение, В.

В результате полученное значение силы тока равно 114 мА.

Для решения данной проблемы можно использовать электромагнитное реле со следующими параметрами:

– максимальное коммутируемое переменное напряжение 240 В,

- максимальный коммутируемый ток 7А,
- минимальная переключаемая нагрузка 100мА, 5В.

Из этого следует, что при считывании с датчика температуры и ее совпадении со значением нижнего порога температуры воды, микроконтроллером на соответствующем выводе формируется логическая единица (5 В) до того момента, пока показания датчика температуры не совпадут со значением верхнего порога. В этот момент создается логический ноль до следующего падения значения температуры до нижнего порога. Таким образом, проблема с управлением системой обогрева решена.

Также рассчитана максимальная освещенность в акватеррариуме:

$$E = \frac{I}{r^2} \times \cos i, \quad (5)$$

где E – освещенность, лк ,

I – сила света, Кд ,

i – угол падения лучей света относительно нормали к поверхности, °,

r – расстояние от источника света, м.

Максимальное значение освещенности составило 197,53 лк, что в 1,9753 раза больше, чем в светлой комнате вблизи окна, что вполне приемлемо в данном случае.

Не вдаваясь в подробности внутренних процессов микроконтроллера, можно сказать, что элементы устройства работают по следующему принципу:

- датчик уровня жидкости: если на вход микроконтроллера подан нуль, то на выводе к обогревателю сформирована единица, а на выводе к индикатору критического уровня воды нуль, иначе – выводе к обогревателю нуль, а к индикатору, соответственно, единица;
- датчик температуры воды: когда значение температуры, считанное с датчика, не выходит за заданное программно нижнее значение предела или равно верхнему значению, то на выводе к обогревателю создан нуль, если же данное условие не выполняется, то на выводе создается логическая единица; помимо этого, значение температуры выводится на дисплей;
- датчик температуры воздуха: когда на значение датчика температуры ниже заданного предела, на вывод к вентилятору подается логический нуль и он перестает работать, когда значение температуры повышается, то на выводе снова формируется единица;
- время работы УФ- и светодиода задается пользователем, по истечении заданного времени на выводах к диодам создается нуль и они отключаются.

2. Структура и система управляющей подсистемы.

Блок управления представляет собой совокупность датчиков, устройств ввода/вывода, исполняющих устройств и микроконтроллера, управляющего всеми процессами данной

системы. В качестве управляющего микроконтроллера решено выбрать ATmega 128 (рис. 2).

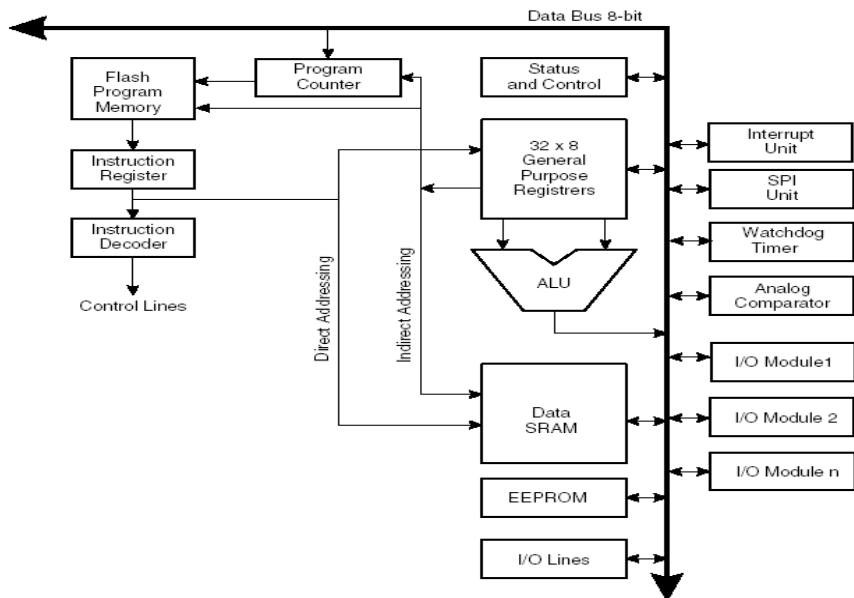


Рис. 2. Структурная схема микроконтроллера ATmega128.

ATmega128 обладает очень большим количеством самых разнообразных функций. Вот некоторые его характеристики:

- максимальная тактовая частота – 16 МГц и производительность 16 MIPS (миллионов инструкций в секунду);
- прогрессивная RISC архитектура;
- тридцать два 8-битных рабочих регистра и регистры управления периферией;

- 53 программируемые линии ввода/вывода;
- два 8-битных таймера/счетчика и два 16-битных;
- 8-канальный 10-разрядный аналогово-цифровой преобразователь (АЦП);
- встроенный 2-цикловый перемножитель;
- аналоговый компаратор;
- 128 Кбайт внутрисистемно программируемой Flash памяти;
- интерфейсы SPI, I²C, USART, JTAG;
- модуль широтно-импульсной модуляции (ШИМ).

Для микроконтроллеров AVR существуют различные языки программирования, но, пожалуй, наиболее подходящими являются Ассемблер и С, поскольку в этих языках в наилучшей степени реализованы все необходимые возможности по управлению аппаратными средствами микроконтроллеров.

Программу для данного устройства решено писать на Ассемблере. Ассемблер – это низкоуровневый язык программирования, использующий непосредственный набор инструкций микроконтроллера.

Достоинства Ассемблера по сравнению с С:

- язык Ассемблера позволяет писать самый быстрый и компактный код, какой вообще возможен для данного процессора;
- если код программы достаточно большой, то данные, которыми он оперирует, не помещаются целиком в регистрах процессора, то

есть частично или полностью находятся в оперативной памяти, поэтому искусный программист, как правило, способен значительно оптимизировать программу по сравнению с транслятором с языка высокого уровня по одному или нескольким параметрам:

1. скорость работы — за счёт оптимизации вычислительного алгоритма и/или более рационального обращения к оперативной памяти, перераспределения данных;

2. объём кода (в том числе за счёт эффективного использования промежуточных результатов). (Сокращение объема кода также нередко повышает скорость выполнения программы.)

3. обеспечение максимального использования специфических возможностей конкретной платформы, что также позволяет создавать более эффективные программы, — в том числе менее ресурсоемкие;

4. при программировании на языке Ассемблер возможен непосредственный доступ к аппаратуре, и, в частности, портам ввода-вывода, регистрам процессора и др;

5. с помощью языка Ассемблер часто создаются машинозависимые подпрограммы компиляторов и интерпретаторы языков высокого уровня, а также реализуется совместимость платформ;

8. с помощью дизассемблера возможно исследовать существующие программы при отсутствии исходного кода.

Заключение.

Создано устройство «Интеллектуальный акватеррариум для красноухой черепахи», способное обеспечивать круглосуточную поддержку необходимых параметров:

- температура воды от 25 до 28°C;
- освещенность – 12 часов в сутки;
- уровень воды (зависит от размера акватеррариума и пожелания владельца);
- приток свежего воздуха;
- дозированное УФ-излучение.

Практическая ценность работы заключается в создании единого устройства, управляемого одним микроконтроллером и способного заменить целую группу отдельных приборов, что позволит существенно облегчить уход за черепахой и сделает систему контроля за акватеррариумом проще и компактнее.

«Интеллектуальный акватеррариум для красноухой черепахи» обладает оптимальным уровнем энергопотребления, достаточной точностью измерения величин (датчики температуры имеют точность до $\pm 0,5$ °C при эксплуатации в температурном диапазоне от – 10 до + 85°C) и быстродействием (управляющий микро-контроллер способен выполнять до 16 миллионов операций в секунду).

Устройство «Интеллектуальный акватеррариум для красноухой черепахи» может использоваться как в домашнем зооуголке, так и зоомагазине или зоопарке. Также при коррекции схемы и настроек «Интеллектуальный акватеррариум для

красноухой черепахи» можно применить в качестве системы контроля аквариумного или террариумного климата.

Литература:

1. Ревич Ю.В. Практическое программирование микроконтроллеров Atmel AVR на языке ассемблера. – СПб: БХВ-Петербург, 2008. – 384 с.
2. Белов А.В. Микроконтроллеры AVR в радиолюбительской практике. – СПб: Наука и техника, 2007. – 352 с.
3. Белов А.В. Конструирование устройств на микроконтроллерах. – СПб: Наука и техника, 2005. – 256 с.
4. Красичкова А.Г. Красноухие черепахи. – Электронный ресурс. Режим доступа: http://www.e-reading.org.ua/bookreader.php/88194/Krasichkova_-_Krasnouhie_cherepahi.html . – Проверено 13.01.2012.

Автоматизация турбизнеса

КОБЫЗЕВ Виктор Сергеевич

г. Москва, ГБОУ СОШ №1688, 11 класс

Научный руководитель:

Ревунков Георгий Иванович,

к.т.н., доцент кафедры

«Системы обработки информации

и управления» МГТУ им. Н.Э. Баумана

В современных экономических условиях развития рыночной модели экономики решающее значение имеет всесторонняя поддержка бизнеса, в том числе, информационная. На рынке информационных услуг, решающих проблему автоматизации деятельности туристических организаций присутствует ряд серьезных программных продуктов, имеющих, однако громоздкую и сложную структуру, и очень дорогостоящих. Например, информационно-программные продукты «МастерТур», «Фрегат», «Самотур» и другие. Многие туристические организации, будучи экономически не в состоянии позволить себе «подобную роскошь», не имеют возможности справляться с задачами, поставленными перед турфирмами.

Сегодня на рынке рекреационных услуг и туризма преобладают следующие виды деятельности:

1. Туроператорская деятельность – деятельность по формированию, продвижению и реализации туристского продукта, осуществляемая

юридическим лицом (туроператором). Туроператоры формируют комплексные пакеты туров, состоящие из определенного набора услуг, также реализуют турпродукты туристам через установленные каналы сбыта, помогая делать выбор покупателю среди существующего разнообразия в сфере туризма.

2. Турагентская деятельность – деятельность по продвижению и реализации туристского продукта, осуществляемая на основании лицензии юридическим лицом или индивидуальным предпринимателем.

Автоматизированная информационная система турфирмы должна отвечать следующим условиям:

- 1) не требовать сложной специальной подготовки пользователей;
- 2) должна быть построена как реляционная база данных;
- 3) должна быть реализована на базе распространенного программного обеспечения для персональных компьютеров;
- 4) иметь удобный интерфейс пользователя;
- 5) учитывать перспективы роста и развития туристической организации.

Функциональная модель предметной области.

Функциональная модель предметной области состоит из функциональной модели туроператора и функциональной модели турагентства.

Функциональная модель туроператора. После возникновения идеи тура формируется техническое задание с учетом рыночных

потребностей. Затем проводится маркетинговое исследование, по результатам которого в техническое задание вносятся корректировки. С учетом откорректированного технического задания создается турпродукт готовый к распространению. Готовый турпродукт туроператор распространяет турагентствам.

Функциональная модель турагентства. На предварительном собеседовании с клиентом обсуждаются следующие вопросы: цели турпоездки, направление, присваивается код тура, определяются имя ответственного заказчика, количество участников, сроки пребывания: ориентировочная дата начала тура, количество суток, дата окончания тура, условия размещения: проживание, питание, услуги, развлечения. После определения целей турпоездки происходит заполнение менеджером турагентства необходимых форм личными данными клиента и запускается функция поиска, при которой определяются: тип отеля, наличие места в гостинице (отеле), виды проживания и типы питания, возможности дополнительного сервиса, определяется предварительная (примерная) стоимость путевки по заказу клиента. Процесс собеседования, заполнения электронных форм и поиск – итеративный, т.к. должны максимально учитываться интересы и пожелания клиента. При достижении итогового согласия, когда параметры тура полностью удовлетворяют клиента, распечатываются итоговые документы и производится оплата путевки.

Туристическая фирма может осуществлять как туроператорскую, так и турагентскую деятельность или их совокупность (при наличии как туроператорской, так и турагентской лицензии).

Структурная схема системы. Структурная схема системы состоит из трех основных компонентов:

- АРМ туроператора (подсистема Opertour);
- АРМ турагентства (подсистема Newtour-Pro);
- Сайт турфирмы (подсистема OperTourWeb).

АРМ туроператора. В данной работе представлена структурная схема автоматизированной информационной системы (АИС), состоящая из 4-х основных модулей:

- 1 – Дирекция;
- 2 – Отдел маркетинга;
- 3 – Отдел разработчиков тура;
- 4 – Отдел продаж.

Модуль «Дирекция» работает с электронными формами:

1. Техническое задание;
2. Ценообразование;
3. Турпродукт.

Модуль «Маркетинговый отдел» работает с электронными формами:

1. Техническое задание;
2. Корректировки к техническому заданию.

Модуль «Отдел разработчиков тура» работает с электронными формами:

1. Техническое задание;
2. Корректировки к техническому заданию;
3. Турпродукт;
4. Ценообразование.

Модуль «Отдел продаж» работает с рекламными роликами турпродукта и электронными формами:

1. Турпродукт;
2. Ценообразование.

Базовые и виртуальные таблицы представлены как централизованная база данных «Opertour».

АРМ турагентства. Для реализации представленной функциональной модели турагентства в настоящей работе предлагается структурно построить автоматизированную информационную систему (АИС) из 2-х основных модулей:

1. Работа с клиентами;
2. Управление персоналом.

Модуль «Работа с клиентами» работает с электронными формами:

4. Личные данные;
5. Параметры перелета;
6. Параметры тура;
7. Тур;
8. Voucher;

Модуль «Управление персоналом» работает с электронными формами:

3. Турфирма;
4. Персонал турфирмы;
5. Филиал турфирмы;

Базовые и виртуальные таблицы представлены как централизованная база данных «Newtour-Pro».

Сайт системы. Заходя на сайт клиент имеет возможность ознакомиться с необходимой информацией и оставить заявку, которая будет обработана менеджером. Работа с сайтом турфирмы OperTourWeb начинается с домашней страницы, имеющей следующие управляющие элементы – ссылки:

- Поиск тура
- Заказ тура
- Турагентствам
- Вакансии

Инфологическая модель предметной области (ПО). Инфологическая модель ПО турфирмы состоит из двух инфологических моделей – инфологической модели туроператора и инфологической модели турагентства. Ниже на рис. 1 приведена схема базы данных для СУБД Ms Access по инфологической модели туроператора, на рис. 2 – фрагмент схемы базы данных для СУБД ORACLE.

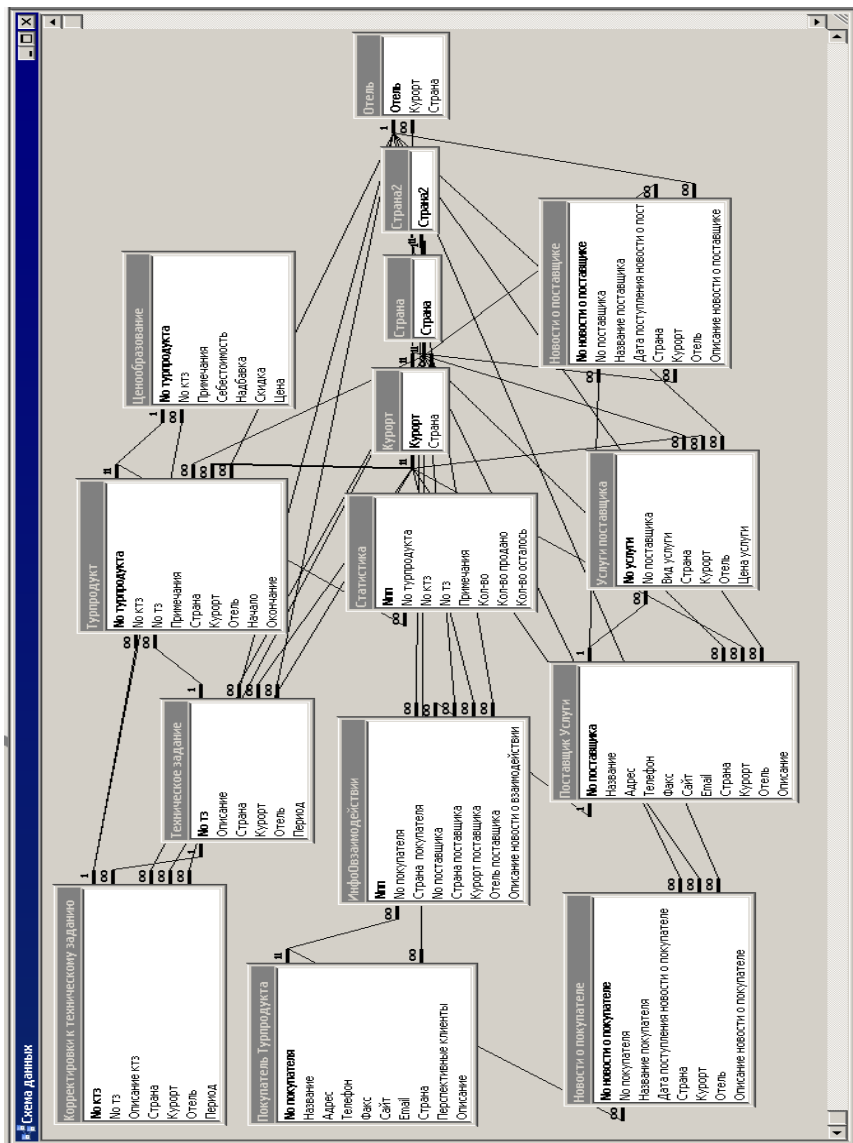


Рис. 1. Схема базы данных.

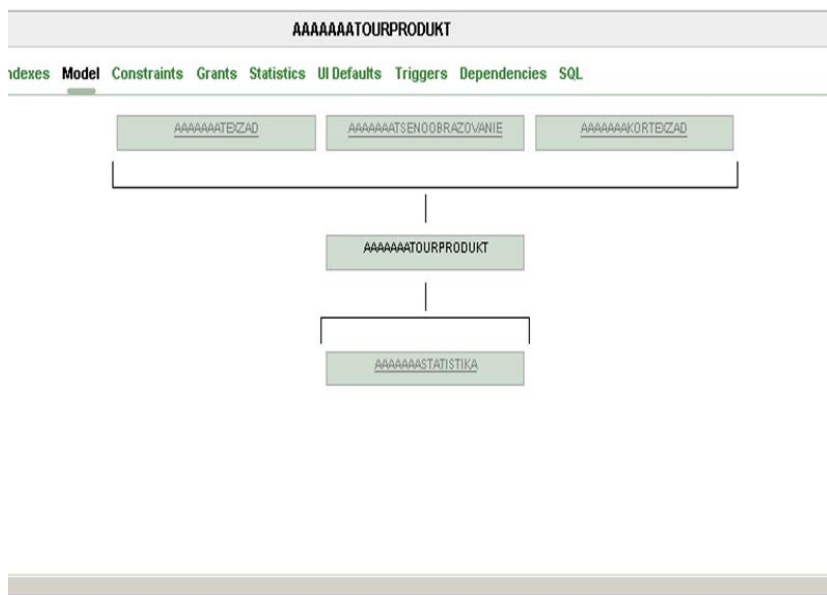


Рис. 2. Схема базы данных для СУБД ORACLE.

Граф диалога системы. Граф диалога системы состоит из трех основных компонентов:

- АРМ туроператора (подсистема OperTour);
- АРМ турагентства (подсистема Newtour-Pro);
- Сайт турфирмы (подсистема OperTourWeb).

В соответствии с разработанными графами диалогов разработаны следующие экранные формы для ввода и редактирования данных: «Турпродукт», «Техническое задание», «Корректировки к техническому заданию», «Новости о покупателях», «Новости о поставщиках», «Покупатели Турпродуктов», «Поставщики Услуг», «Услуги поставщиков»,

«Ценообразование», «Личные данные», «Параметры перелета», «Параметры тура», «Тур», «Voucher», «Турфирма», «Персонал турфирмы», «Филиалы турфирмы». Запросы: «Цена дня», «Ориентировочная цена». Страницы «Заказ тура», «Поиск тура», отчеты: «Туры», «Предпочтения клиентов» и другие.

Для малых турагентств минимально необходимо иметь автоматизированную систему на Access (таблица 1.).

Таблица 1. Рекомендуемые средства автоматизации для различных видов туристических организаций.

Виды турфирм	Базовый пакет	Рекомендуемые дополнительные опции
Малое турагентство	АИС Newtour на Access	АИС на SQL, Web-сайт
Турагентство	АИС Newtour-Pro на Access	АИС на SQL, Web-сайт, круговая панорама PTGui
Туроператор	АИС Opertour на Oracle, Web-сайт на WebMatrix	
Туроператор + турагентство	АИС Opertour на Oracle, АИС Newtour-Pro на Access, Web-сайт на WebMatrix	круговая панорама PTGui

Опционально её можно заменить АИС на SQL, а также добавить Web-сайт на WebMatrix.

Организациям, ведущим турагентскую деятельность в средних масштабах, минимально необходимо иметь автоматизированную систему на Access. Опционально её можно заменить АИС на SQL, а также добавить Web-сайт на WebMatrix и круговые панорамы PTGuI.

Организациям, ведущим туроператорскую деятельность, минимально необходимо иметь автоматизированную систему на Oracle а также Web-сайт на WebMatrix.

Организациям, имеющим двойную лицензию, ведущим как туроператорскую, так и турагентскую деятельность, минимально необходимо иметь автоматизированную систему на Oracle и Web-сайт на WebMatrix для туроператора, а также автоматизированную систему на Access для турагентства, которую опционально можно заменить АИС на SQL, а также добавить Web-сайт.

Заключение.

В работе проведено исследование предметной области - деятельности туристической фирмы, имеющей достаточно большой ассортимент услуг. Были разработаны функциональные модели предметной области и структурная схема автоматизированной информационной системы. Для реализации функциональной модели была разработана инфологическая модель ПО. По результатам

исследования ПО и анализа литературы был произведен выбор СУБД – русская версия СУБД MS Access в совокупности с СУБД Oracle.

В соответствии с выбранными СУБД была построена датологическая модель предметной области. Согласно предложенной функциональной модели, структурной схемы системы и с учетом эргономических требований были разработаны граф диалога и интерфейс пользователя. Для удобства работы пользователя создана инструкция по работе с системой.

Предложенная автоматизированная информационная система туристической фирмы отлажена и может быть рекомендована к использованию в туристических организациях.

Литература:

1. Берлинер Э.М., Глазырина И.Б, Глазырин Б.Э. Microsoft Office 2003. – М.: ООО «Бином-Пресс», 2004. – 576 с.
2. Бобровский Стив. Oracle Database 10g XE для Windows Эффективное использование. – М.: Лори, 2009. – 486 с.
3. Веткин В.А. Технология создания туристского продукта / В.А. Веткин. – М.: ГроссМедиа : РОСБУХ, 2008. – 200 с.
4. Дашкова Т.Л. Маркетинг в туристическом бизнесе: Учебное пособие / Т.Л.Дашкова. – М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К», 2010. – 72 с.

5. Кайт Томас. Oracle для профессионалов: архитектура, методики программирования и особенности версий 9i, 10g и 11g. – М.: ООО «И.Д. Вильямс», 2011. – 848 с.
6. Кобызов В.С. Разработка автоматизированной информационной системы турагентства: Учебное издание по курсу «Банки данных». – М.: МГТУ им Н.Э. Баумана, 2010. 36 с.:ил.
7. Кузнецов С.Д. Базы данных: языки и модели. Учебник. – М.: ООО «Бином-Пресс», 2008 г. – 720 с.
8. Ревунков Г.И. Проектирование баз данных: Учеб. пособие по курсу

**Создание корпоративной информационно-аналитической
системы для управления обучающим процессом**

*ЛАВРЕНОВА Елизавета Алексеевна
г. Москва, ГБОУ гимназия №1516, 11 класс*

В наши дни некоторые виды деятельности человека, особенно связанные с экономикой и бизнесом, обладают впечатляющей поддержкой информационных технологий. В то же время такие важные составляющие людской цивилизации, как, например, медицина и образование, пока что не могут похвастаться таким же уровнем информационной поддержки. Возникает вопрос: неужели школа или больница должны быть оснащены компьютерной техникой и программным обеспечением хуже чем, например, рядовой банк? Мне кажется, что ответ на этот вопрос очевиден, ведь результаты такого положения вещей у нас перед глазами.

Темпы развития информационных технологий постоянно растут, радикальным образом расширяя объемы информационных ресурсов человечества. Время от времени, накапливаясь, количественные изменения переходят в качественные и тогда мы говорим об информационных революциях. Никто не станет оспаривать, что такими информационными революциями в свое время стали возникновение речи, письменности, книгопечатания, радио, телевидения, кино, аудио- и видео-записи. В наше время мы наблюдаем революционные изменения в области компьютерных технологий и интернета. На смену старой доброй книге все чаще

приходят экран планшета или смартфона. Живое вербальное общение заменяется потоком СМС или же бесконечным общением в социальных сетях. Молодое поколение адаптируется к введению новых информационных технологий быстрее нежели взрослые люди, и в школе это стало проявляться особенно сильно. Составление учебных планов, контроль их выполнения, наконец, просто формирование домашних заданий и выставление оценок происходит по старинке, как и десятки лет назад. В то же время, типичный современный ученик, придя домой, моментально включает компьютер и подключается к поисковой системе, чтобы быстро и не задумываясь выполнить домашнюю работу. Получается, что ученик тратит гораздо меньше времени на выполнение задания, нежели хотел бы учитель, лишь маскируя свое понимание материала скачанной информацией из интернета. Не говоря уже о том, что большинство учеников используют мобильные устройства для написания контрольных, самостоятельных, из-за чего уровень образования резко падает. Так неужели интернет-технологии на самом деле способствуют укоренению лени в умах? Конечно же, нет. Ведь при правильном подходе технический прогресс можно поставить на службу образовательному процессу. Именно эта проблема послужила мотивацией для создания продукта, описанного в данной статье. В настоящий момент хотелось бы выделить две важнейших задачи: облегчение учительского труда и стимулирование у учеников интереса к образованию. В качестве

сопутствующих процессов можно отметить сбор и анализ статистической информации, доступ родителей к наблюдению за учебной деятельностью, создание специализированных информационных хранилищ.

Основы создания системы.

Приложение строилось по модульному принципу, что позволяло развивать продукт, снабжая его дополнительными функциями по мере выявления новых проблем или при получении новых сведений о предмете модели. В качестве инструмента разработки проекта была выбрана среда Visual Studio. В ходе разработки проекта возникло две самостоятельных ветви, с разным функционалом. Для профессионального использования проекта в локальной сети учебного заведения предназначено SilverLight приложение. Его отличие – развитая структура доступа к данным, основанная на ролевой модели. Именно через интерфейс этого приложения происходит внесение данных, таких, например, как выставление оценок или отметок о посещаемости. Здесь же выполняются задачи, связанные со статистической обработкой данных и многие другие. Для широкого круга пользователей, включая учеников, их родителей и всех, кого могут заинтересовать учебные материалы и учебный процесс предназначена другая ветвь проекта, реализованная по технологии ASP.NET MVC.

Для обработки данных проекта была выбрана технология Rich Internet Application (RIA), («Насыщенное („богатое“) Интернет-

приложение») — это веб-приложение, доступное через Интернет, насыщенное функциональностью традиционных настольных приложений. Шаблоны технологии RIA широко используются в современных версиях среды разработки MS Visual Studio, что во многом облегчает написание кода.

Разработка приложений в рамках среды Microsoft Visual Studio может вестись на разных языках программирования. Для реализации программы был выбран C#, как наиболее мощный и компактный при сравнении с альтернативным вариантом языка разработки – Visual Basic. Кроме того, реализация проектов другого типа, а именно ASP.NET MVC так же требует использования C#. Хотя Silverlight обладает массой интересных для разработчика возможностей, он имеет ряд ограничений. Для полноценной работы Silverlight-приложения необходима установка специального модуля, а работать такое приложение может лишь в ОС Windows или MAC. Напротив, приложение, реализованное в рамках MVC-проекта на платформе ASP.NET, может использоваться на любом устройстве, работающем в интернете, даже со смартфона или с современного цифрового телевизора. Такое приложение более универсально и самостоятельно, но для разработки серьезного проекта требуется основательное владение приемами работы в HTML5, CSS и JavaScript. Кроме того, оно лишено некоторых средств отображения данных, присущих приложениям, реализованным с использованием SilverLight. В строении обеих ветвей проекта можно найти сходные черты.

Интерфейсы пользователя устроены так, что сперва предоставляют доступ к коллекции записей, затем каждая из записей может быть рассмотрена в деталях. В двух проектах существуют схожие страницы доступа к определенному типу данных, например, страницы с учениками, классами, учителями и уроками. Дополнительно в проекте Silverlight существует раздел олимпиад, а в MVC-приложении – страница со ссылками на тематические статьи и другие полезные ресурсы.

Интерфейсы обеих программ построены таким образом, что позволяют последовательно получать детализированную информацию об интересующих данных, а также осуществлять свободные переходы между связанными категориями данных с помощью гиперссылок. При этом в SilverLight - приложении для этого используется механизм модальных окон, а в MVC-проекте переключение представлений (View), встроенных в главную страницу. В SilverLight - ветвь проекта были включены специальные технологии, которые могут быть полезны персоналу школы. Для более удобного отображения и подробного изучения данных были введены сводные таблицы, реализованные с помощью специального элемента PivotViewer. Такая технология позволила обеспечить так называемое “зумирование данных”. PivotViewer – это механизм, который помогает группировать, фильтровать и сортировать информацию, исходя из требований пользователя, а ненавязчивая анимация делает процесс рассортировки данных наглядным. Главное

преимущество этого элемента – многомерный анализ данных. Возможности элемента PivotViewer в чем-то роднят его с OLAP-технологиями.

MVC-версия проекта задумывалась как дополнительная информационная поддержка основному SilverLight проекту, однако по мере создания возникла идея его самостоятельного использования в качестве инструмента привлечения внимания школьников к процессу обучения в школе. MVC-проект по своим возможностям приближается к SilverLight-версии проекта, и в то же время имеет ряд особенностей. В этом проекте, например, реализована работа с так называемой базой знаний, содержащей в себе полезные ссылки на статьи, учебные материалы и сайты, а также множество иллюстраций по различным предметам и не только. Такая система позволяет не просто заинтересовать школьника, но и дает возможность самостоятельного развития любому, кто интересуется образованием. К тому же каждый учитель или специалист по тем или иным вопросам всегда сможет добавить материалы, которые он считает наиболее интересными и полезными для усвоения данной темы. Постепенно такой раздел можно превратить в своеобразную школьную «Википедию», который сменил бы существующие бумажные и электронные учебники, так как содержал бы всю необходимую информацию.

Заключение.

Как выяснилось позже, одновременно с началом разработки данного проекта стартовал проект правительства города Москвы по внедрению электронных дневников во всех школах столицы. Представленная работа ни в коем случае не дублирует официальный проект и не может рассматриваться как конкурент или аналог, т.к. цели и задачи их существенно отличаются. К тому же для развертывания столь важного проекта, как введение электронных дневников в масштабах страны понадобилась бы целая команда ведущих программистов и разработчиков, в то время как проект «Hogwart» был разработан индивидуально, в процессе обучения Web-технологиям, притом совершенно бесплатно!

Конечно, существуют профессиональные системы, например, Электронный Университет МГТУ им. Н.Э. Баумана, однако он недоступен для обыкновенного любопытного пользователя, наверное, в связи с тем, что содержит только личные данные, касающиеся непосредственно студентов. Напротив, описываемый здесь проект находится в открытом пользовании для всех желающих. И хотя доступ к изменению данных ограничен политикой безопасности, но общую концепцию может оценить любой пользователь интернета. Важно заметить, что работу в системе может вести не только специально обученный персонал, но и преподаватели и ученики в любое время, например, прямо во время урока учитель на своем компьютере выставляет оценку, а в это время

ученик, или его родители, могут видеть ее воспользовавшись смартфоном или планшетом.

В дальнейшем этот проект хотелось бы развивать, как самостоятельную систему дистанционного обучения с использованием таких технологий как web-камеры, сенсорные экраны, 3D-графика, а также технологии управления голосом и жестами. Хотелось бы, например, чтобы дети с ограниченными физическими возможностями могли не только присутствовать на виртуальных занятиях, но и получать полноценное, красочное, увлекательное и разностороннее образование. Возможно, система поможет и тем взрослым, которые сохранили интерес к самообразованию. Несомненно, она может принести пользу родителям, которые хотят помочь своим детям школьного возраста справиться с трудностями обучения.

Особенное внимание хотелось бы уделить тому, что представленная программа может не только предоставить наглядную информацию по одной школе. Небольшая модификация структуры данных позволит подключить к базе данных любое количество школ, после чего возможна интеграция данных в масштабе всей страны.

У каждого на слуху получившая недавно скандальную популярность аббревиатура ЕГЭ. Стоит отметить, что данное приложение может быть адаптировано и для обработки данных, связанных с единым государственным экзаменом. Прежде всего, сбор и статистическая обработка данных об оценках за длительный

период сделает невозможной подтасовки результатов. “Липа” сразу станет заметной – это математический факт. Кроме того, можно продумать специальную базу заданий для ЕГЭ, которая в автоматизированном, полностью обезличенном режиме, будет генерировать наборы вопросов в онлайн-режиме, исключаящем подготовку ответов заранее. Таким образом, готовые варианты никогда не поступят в открытый сетевой доступ, и у мошенников любого уровня будет выбита почва из-под ног. Полученные таким образом по-настоящему справедливые результаты окажут позитивное влияние на развитие страны в целом. Опыт тестирования программы показал, что на данном этапе созданное приложение оправдало, а в некоторых моментах даже превзошло ожидания и представления учителей о программах такого рода. Вместе с тем был собран пакет замечаний и пожеланий, по дальнейшему усовершенствованию системы для централизованного использования школами страны. Следует отметить, что создание системы такого объема в столь сжатые сроки стало возможным лишь с использованием новейших технологий разработки программного обеспечения.

Ознакомиться с проектами можно по ссылкам: 1. SilverLight-версия: <http://hgwrt.ru/#/home>; 2. MVC-версия: <http://mvc.hgwrt.ru/>

Литература:

1. SQL Server 2008. Ускоренный курс (Р. Уолтерс, М. Коулс, Ф. К. Феррачати, Р. Рей, Д. Фармер, 2009г.)

2. С# 2010 Ускоренный курс для профессионалов (Т. Нэш, 2010г.)
3. SilverLight 5 с примерами на С# для профессионалов (М. Мак-Дональд, 2013г.)
4. JavaScript Подробное руководство (Д. Флэнаган, 2012г.)
5. ASP.NET MVC 3 Framework (А. Фримен, С. Сандерсон)
6. jQuery для профессионалов (А. Фримен, 2013г.)

Web-сайты:

1. <http://jqueryuihelpers.apphb.com/>
2. <http://habrahabr.ru/post/136155/>
3. <http://www.asp.net/web-pages/tutorials/basics/2-introduction-to-asp-net-web-programming-using-the-razor-syntax>
4. <http://jqueryui.com/demos/>
5. [http://msdn.microsoft.com/ru-ru/magazine/dd882515\(en-us\).aspx](http://msdn.microsoft.com/ru-ru/magazine/dd882515(en-us).aspx)
6. <http://tonychampion.net/blog/index.php/2011/12/pivotviewer-basics-dynamic-collections/>
7. <http://www.w3schools.com/>

Веб-портал управления умным домом

НЕЧАЕВ Андрей Александрович

г. Москва, школа ЦО 204 им. Горького, 11 класс

Научный руководитель:

Ковалева Наталья Александровна,

ст. преподаватель кафедры

*«Системы обработки информации и
управления» МГТУ им. Н.Э. Баумана*

Аннотация. В статье рассматривается технология и практические вопросы создания веб-портала управления умным домом. Приведен обзор существующих аналогов и показано отсутствие простых, функциональных и недорогих систем. Определены требования к созданию веб-портала, который позволяет дистанционно снимать показания с электро - и водосчётчиков, включать и выключать электрическое освещение, обогреватели и кондиционеры. Приведено описание созданного веб-портала и его составляющих. Описаны архитектура, аппаратные компоненты, алгоритмы и программные средства, используемые при создании веб-портала. Веб-портал имеет практическую ценность и может быть использован для создания систем «умного дома» или «умного города».

Введение. В настоящее время автоматизация охватила все сферы деятельности людей, включая домашнюю жизнь. Бытовые

приборы становятся все более «разумными», происходит слияние бытовой техники и электроники. В этом свете желание человека управлять светом, водой и теплом в своем доме через компьютер и даже удаленно становится обоснованным и реализуемым. Системы, называемые умным домом, успешно развиваются и могут быть внедрены в повседневную жизнь. Однако, как показало проведенное исследование существующих средств управления умным домом, для повсеместного использования они являются либо очень дорогими, либо ограниченными по возможностям. Проведенный анализ показал отсутствие простых, недорогих и готовых к самостоятельной установке систем.

Поэтому была поставлена задача создания дешёвой, простой в установке и использовании системы с понятным интерфейсом и возможностью удалённого доступа. Целью работы была разработка и практическая реализация технологии создания системы умного дома, обладающей широкими возможностями, удобной и недорогой в использовании.

Существующие аналоги. Системы умного дома являются востребованным продуктом, активно разрабатываемым зарубежными и отечественными производителями. Далее рассмотрены наиболее функциональные и известные проекты.

Умный дом Clipsal C-Bus от крупнейшего мирового производителя Schneider Electric предлагает отлаженную и оптимизированную комплексную систему. Он состоит из набора

компонентов для управления разными категориями устройств. Так, компонент управления светом реализован с помощью диммеров, реле, DALI, DMX, сценариев, автоматики, сенсоров освещённости. Однако, его стоимость может составлять более 1000 евро. Управление климатом осуществляется с помощью термостатов, кондиционеров, теплого пола, конвекторов, радиаторов. Эта система стоит около 3 тысяч евро. NooLite - система радиоуправления освещением от белорусской компании Vox Overview предлагает несколько видов выключателей, которые крепятся на стену, и несколько видов силовых блоков, через которые подключаются светильники. При их соединении получается система управления освещением во всем доме. Этот комплект отличается дешевизной, однако, он неудобен в использовании, так как содержит много мелких частей. К тому же, фирма предлагает только систему управления освещением. Умный дом на базе Z-Wave использует радиочастотные модули, которые встраиваются в бытовую электронику и различные устройства, такие как освещение, отопление, контроль доступа, развлекательные системы. Основной шлюз Vera-Lite имеет среднюю стоимость. Весь комплект с диммером, реле, датчиком открывания окна и двери стоит около 20.000 рублей. Предлагаемый автором статьи комплект управления светом и отоплением с возможностью подключения других устройств и датчиков имеет себестоимость 4000 рублей, надежен и удобен в использовании.

Требования к веб-порталу управления умным домом. Рассматриваемый в статье веб-портал предназначен для дистанционного управления бытовыми устройствами. Он позволяет снимать показания с электро - и водосчётчиков, включать и выключать электрическое освещение, обогреватели и кондиционеры. Возможно подключение управления системами пожарной и охранной сигнализации.

Для реализации веб-портала управления умным домом были разработаны алгоритмы для подсчёта воды со счётчиков воды с импульсным выходом, получения температуры с датчиков, управления релейными модулями, поддержания указанной температуры, удалённого управления и мониторинга. Разработаны технологии взаимодействия с устройствами, в том числе алгоритмы включения и выключения устройств, поддержания указанной температуры. Разработана база данных пользователей и их устройств. Разработаны протоколы и структура пакетов для взаимодействия сервера с мини-компьютерами. Реализован интерфейс пользователя для веб портала и локальной программы.

Состав системы. Рассмотрим архитектуру системы умного дома и технологию взаимодействия с ней пользователя. Система состоит из центрального сервера с установленным на нем веб-порталом, мини-компьютеров и подключённых к ним бытовых устройств. Связь сервера с мини-компьютерами осуществляется по протоколу IPv6, через сокет TCP/IP. Устройства подключены к

мини-компьютерам через релейные модули, а датчики температуры, влажности и прочие - через 1-wire интерфейс. Возможно подключение SPI и I2C устройств. Компоненты системы представлены на рис. 1.

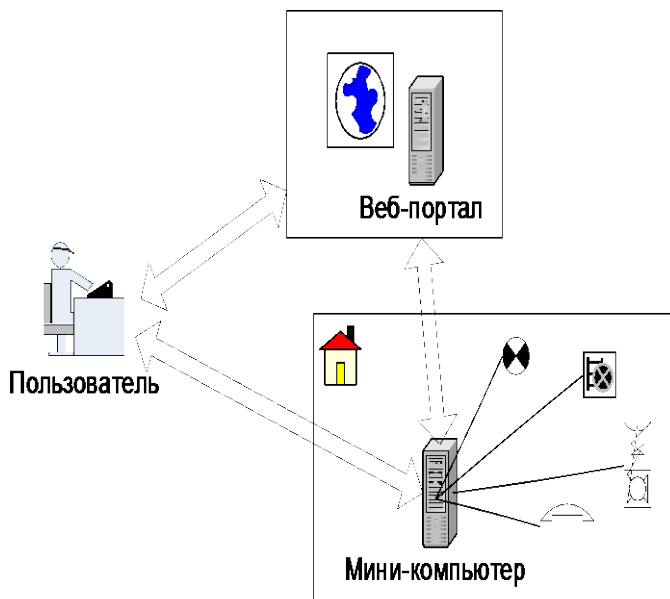


Рис. 1. Компоненты системы управления умным домом.

Пользователь обращается к веб-порталу, авторизуется и может просмотреть и изменить состояние своих устройств. Сервер передает на мини-компьютер команду. Ответ заносится сервером в базу данных и отображается. Управление возможно через веб-портал или локальную программу на мини-компьютере.

Описание используемых компонентов. Основным аппаратным устройством, используемым в системе управления умным домом, является Raspberry Pi (далее Rpi) - одноплатный компьютер, разработанный английской фирмой Raspberry Foundation, выпуск 2012 г. На его базе строится мини-компьютер, выполняющий роль домашней рабочей станции.

RPi на данный момент поддерживает операционные системы: Debian, Fedora, Arch Linux, Gentoo, RISK OS, Android, Firefox OS, Net BSD. На нем установлен центральный процессор BCM 2835 семейства ARM 11 на базе архитектуры ARMv6 с интегрированной аудио- и видео- подсистемами, который имеет тактовую частоту 700 мГц в стандартном режиме. RPi имеет следующие характеристики:

- Оперативная память - 512 Мб (модель B),
- Постоянная память – флеш- карта MMC,
- Чипсет - SMSC, LAN 9512,
- Интерфейсы - HDMI, USB, видео RCA, Stereo Jack 3.5, Ethernet, UART, JTAC, SPi, PSI, GSI, GPIO (использовано в работе).

Rpi имеет вес 45 грамм и небольшие размеры, примерно с кредитную карту — 85.6 X 53.98 X17 мм. В работе использован блок питания на 5 Вт, 1.2 А с micro-USB выходом. Релейные модули на 5 Вт собраны самостоятельно и требуют отдельного питания. Используются также датчики температуры DS 18B20 и DS -18B20-PAR. Взаимодействие с ними производится по протоколу 1-Wire.

Алгоритмы работы системы. Система состоит из двух функциональных компонентов: рабочей станции на мини-компьютере и веб-портала. Рабочая станция обеспечивает взаимодействие с устройствами и сбор данных, которые передаются на веб-портал. Веб-портал служит для предоставления пользователю удобного интерфейса удаленного доступа.

На рабочей станции находится база данных, в которой хранятся сведения от устройств; файлы конфигурации устройств; программы настройки и мониторинга. Файлы, программы и схема их взаимодействия представлены на рис. 2.

Циклическая база данных. В качестве хранилища данных от устройств используется циклическая база данных. Она содержит данные о состоянии устройств за текущий период времени. Циклическая база данных может хранить один или несколько наборов данных, которые объединяются в архивы, называемые RRA — round robin archive. Кольцевые таблицы архивов по структуре аналогичны массивам, у которых адрес последнего элемента совпадает с адресом первого элемента. Положение последнего обновленного элемента хранится в виде указателя. Архивы, как правило, связаны между собой как матрешки, каждый последующий архив хранит консолидированную информацию из предыдущего. Для этого используются функции консолидации, встроенные в базу данных. Это позволяет применять эти функции автоматически при обновлении информации в БД.

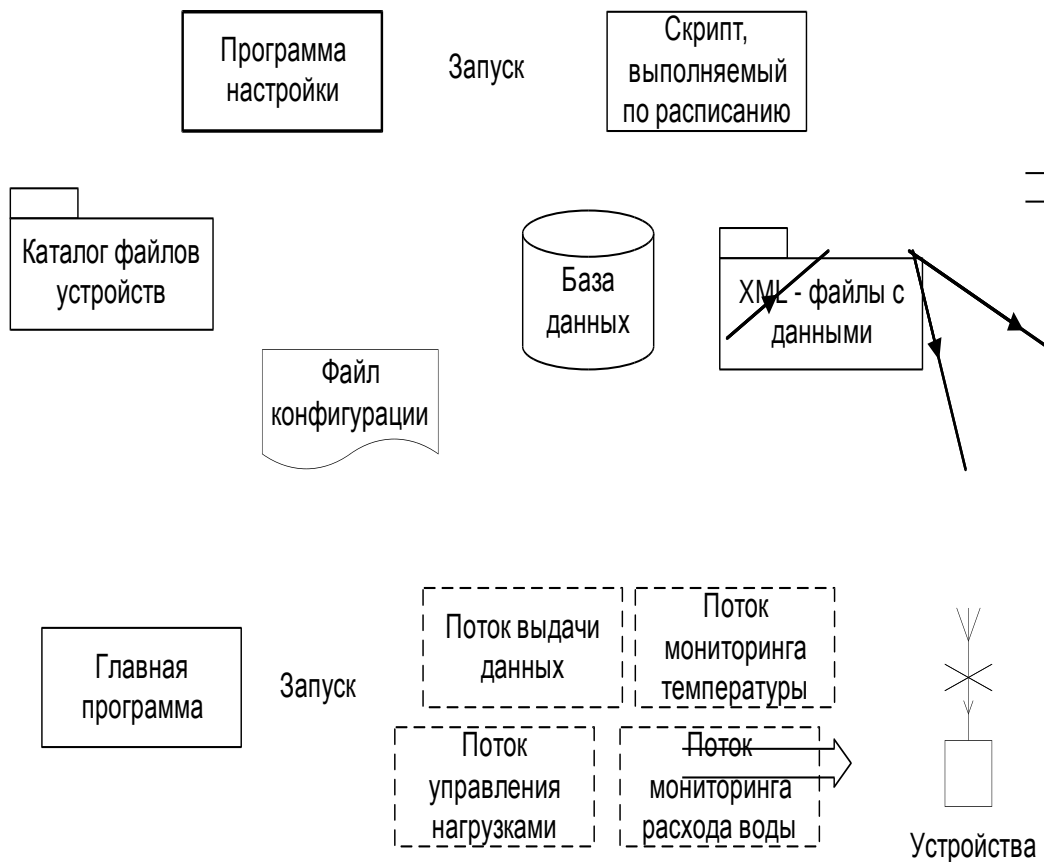


Рис. 2. Схема взаимодействия программ и файлов на мини-компьютере.

Один архив хранит данные с небольшим интервалом между записями, второй через заданное количество интервалов сохраняет

консолидированные данные из предыдущего, последующий делает это ещё реже и т. д.

Веб-портал. Веб-портал располагается на главном сервере, который имеет постоянные IPv6 и IPv4 адреса. Веб-сервером служит программа Apache, данные хранятся в базе данных под управлением СУБД MySQL. Для построения графиков используется js библиотека Highcharts . С помощью веб портала можно просматривать графики температур и расхода воды. Пример страницы сайта представлен на рис. 3.

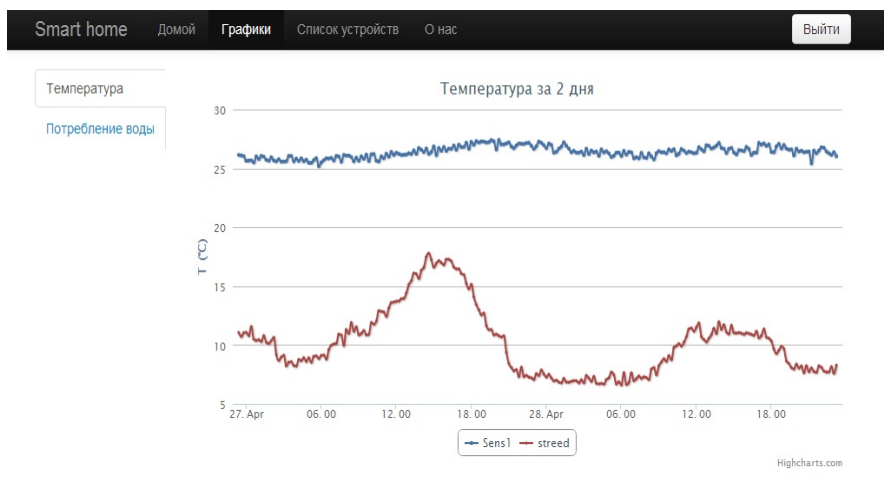


Рис. 3. Пример страницы сайта — графики температуры.

Через веб-портал возможно просматривать показания датчиков в реальном времени, управлять автоматическим включением и выключением устройств по расписанию, задавать температуру и влажность для поддержания в помещении. Для выполнения последнего действия требуются соответствующие датчики и устройства, подключённые к релейным модулям. Возможно просматривать события и управлять расписанием задач.

Выводы.

По результатам проведенного исследования и разработки технологий и алгоритмов управления устройствами был успешно реализован основанный на них веб-портал. Разработанные технологии и алгоритмы являются оригинальными и могут быть использованы для создания систем «умного дома» или «умного города». Созданный веб портал имеет практическую ценность и может быть использован как для централизованного управления устройствами в организации, так и для домашнего применения.

Литература:

1. Циклическая база данных. - Википедия. - Доступ: http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BE%D0%BB%D1%8C%D1%86%D0%B5%D0%B2%D0%B0%D1%8F_%D0%B1%D0%B0%D0%B7%D0%B0_%D0%B4%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D1%85

2. Технология создания умного дома. - Доступ:
<http://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/DS18B20.pdf>
3. Документация по созданию низкоуровневого интерфейса для RASSBERRY PI под Linux. - Доступ: http://elinux.org/RPi_Low-level_peripherals#General_Purpose_Input.2FOutput_.28GPIO.29
4. Документация по программированию RASSBERRY PI. - Доступ: http://webshed.org/wiki/RaspberryPI_DS1820
5. Документация по настройке датчиков температуры. - Доступ: <http://thule.mine.nu/html/about.html>
6. Документация по RASSBERRY PI. - Доступ: <http://www.raspberrypi.org/phpBB3/viewtopic.php?f=44&t=6649&start=75>
7. Документация по созданию веб-сайтов с помощью Drupal. - Доступ: <http://drupal.org/documentation>

Многофункциональный прибор для демонстрации и изучения электрических явлений

САФАРОВ Мурат Альфредович

г. Уфа, МБОУ Гимназия №39, 11 класс

Научные руководители:

Яшин Евгений Владимирович,

ст. преподаватель УГАТУ, г. Уфа,

Аитов Иришат Лутфуллович,

к. т. н., доцент УГАТУ, г. Уфа

Работа посвящена разработке, изготовлению и исследованию универсальной, недорогой, зрелищной демонстрационной установки по физике на основе трансформатора Тесла, отвечающей всем требованиям, предъявляемым к современному школьному оборудованию. В настоящее время школьное демонстрационное и лабораторное оборудование по физике в большинстве своем является неинтересным и морально устаревшим [1]. Актуальность данной проблемы заключается в том, что это является одной из причин снижения интереса к изучению естественнонаучных и технических дисциплин [2].

Цель работы - создание качественно новой демонстрационной установки по электродинамике на основе трансформатора Тесла. Для этого в рамках работы были проведены:

- математическое и компьютерное моделирование;

- схемотехническое, конструкторское и технологическое проектирование;
- всесторонние экспериментальные исследования.

Особое место при создании уделено обеспечению безопасности устройства. В первую очередь было проведено математическое моделирование и расчет наиболее значимых параметров трансформатора Тесла. Математические модели отражены на рис. 1 и рис. 2.

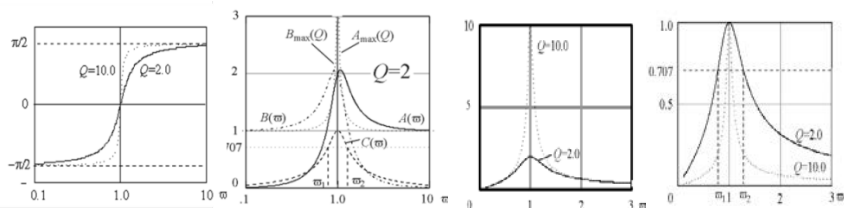


Рис. 1. Фазовый сдвиг между током и напряжением при разных значениях добротности; изменение величин в окрестности резонанса при $Q=2, 3$ (в логарифмическом масштабе оси абсцисс); абсолютные значения напряжения при разных значениях добротности [3].

В результате моделирования определены: длина, диаметр проводника, количество витков, индуктивность, емкость вторичной обмотки, толщина скин-слоя, емкость тороида, емкость вторичного контура. Далее было проведено компьютерное моделирование трансформатора Тесла как цепи с сосредоточенными параметрами в САПР SwitcherCAD (рис. 2). Так как вторичная обмотка является цепью с распределенными параметрами [4, 5, 6, 7], она промоделирована также в САПР INCA и Wolfram Mathematica (рис. 3).

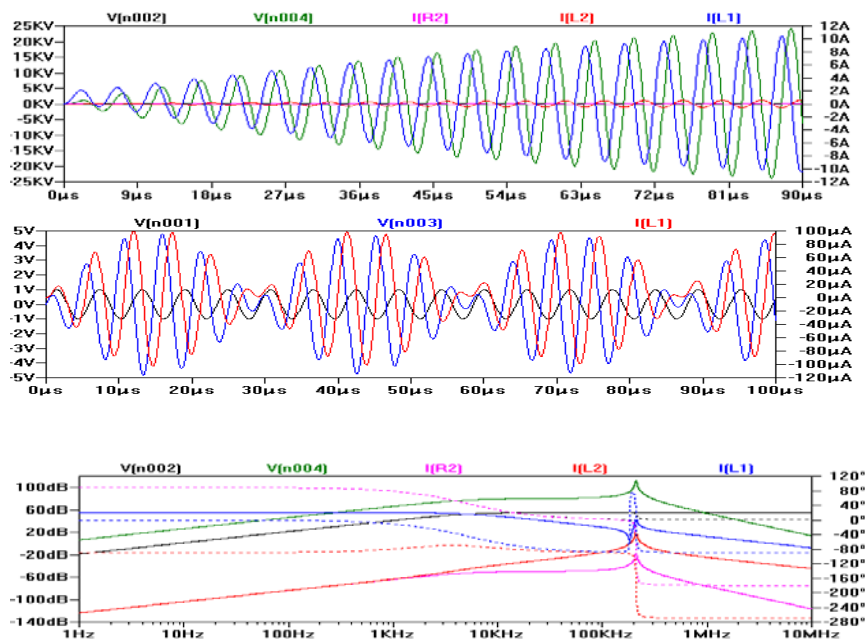


Рис. 2. Результат моделирования трансформатора Тесла в SwitcherCAD: временные диаграммы напряжений и токов при резонансной частоте и частоте, отличной от резонансной; АЧХ и ФЧХ токов и напряжений.

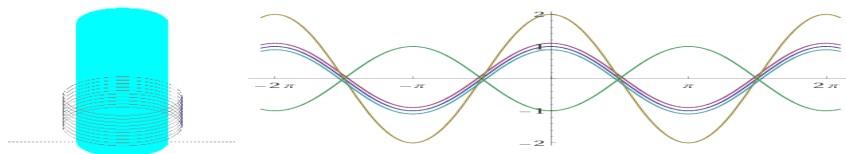


Рис. 3. Изображение моделируемого в САПР INCA трансформатора; результат моделирования трансформатора Тесла в Wolfram Mathematica.

В результате моделирования рассчитаны коэффициент связи, параметры стоячей волны, резонансная частота, выходное напряжение без учета интерференции. Выяснено, что резонансная частота в катушке Тесла пропорциональна коэффициенту связи. Далее было проведено схемотехническое проектирование блока управления трансформатором Тесла. Первоначальная схема обладала множеством недостатков и в дальнейшем прошла целый ряд усовершенствований: повышение мощности, снижение тепловых потерь, обеспечение устойчивости и надежности (устранение искажений ШИМ-сигнала, эффекта Миллера, тиристорного эффекта, импульсных помех, влияния ЭМИ (рис. 4).

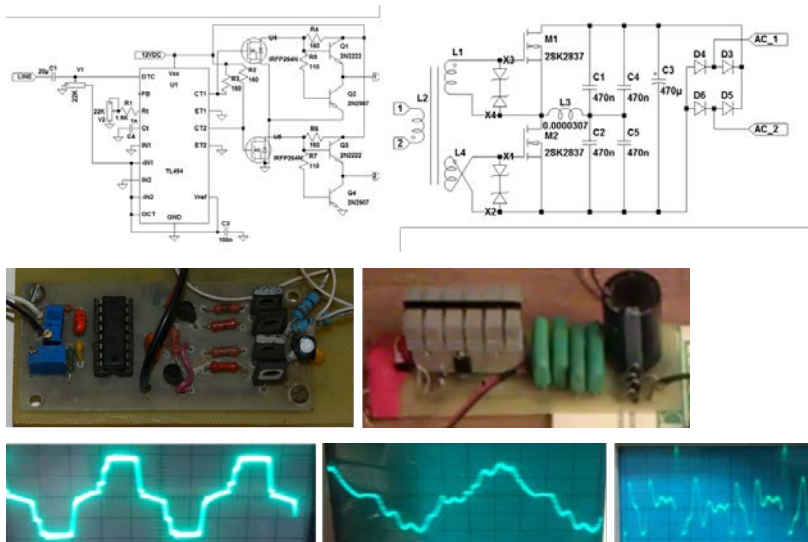


Рис. 4. Первоначальная схема блока управления трансформатором Тесла (с полумостовым инвертором и трансформаторной развязкой); сигналы на выходе управляющей части, трансформатора, инвертора.

В результате схемотехнического проектирования разработан и изготовлен блок управления (рис. 5), который отличается повышен-

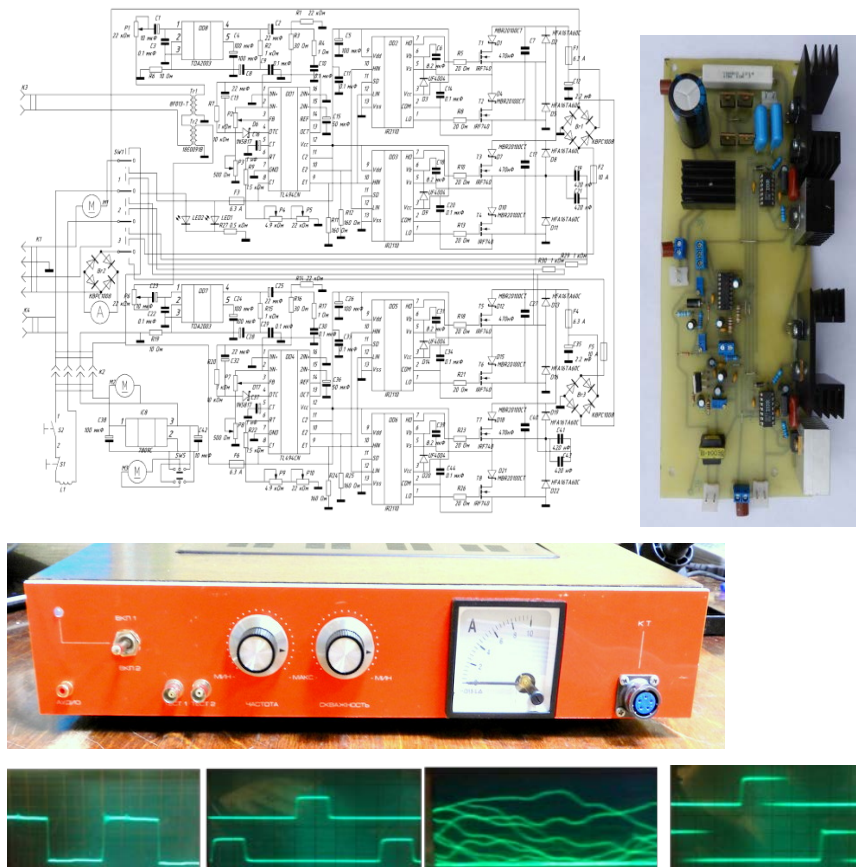


Рис. 5. Результат схемотехнического проектирования - итоговая схема блока управления трансформатором Тесла (с мостовым инвертором и интегральными драйверами); лицевая панель; сигналы на истоке транзистора верхнего плеча инвертора, затворах транзисторов инвертора, входе DTC, выходе ШИМ.

ной мощностью, надежностью, низкими тепловыми потерями и возможностью быстрой точной настройки импульсов на резонансную частоту. Также в данную схему введена возможность регулировки скважности выходных импульсов аналоговым сигналом.

Далее были проведены конструкторское и технологическое проектирование. В частности, для смены объектов демонстрации был использован реверсивный электромеханический привод, лицевая панель была создана с помощью CorelDraw и системы TROFTEC. Для получения вторичной обмотки изготовлен самодельный намоточный станок.

Большое внимание при создании устройства (рис.6) было уделено обеспечению безопасности: специальные схемотехнические



Рис. 6. Результат конструкторского и технологического проектирований. решения позволили снизить питающее напряжение до безопасного (~42 В), для защиты от выделяющегося озона использован угольный

фильтр. Клетка Фарадея защищает от ЭМИ, LC-фильтр обеспечивает ЭМС с другими устройствами, высокая частота тока защищает от воздействия высокого выходного напряжения (скин-эффект) [8,9,10].

В рамках работы было проведено множество экспериментальных исследований:

1. Исследование зависимости длины дугового разряда от параметров катушки Тесла (рис. 7):

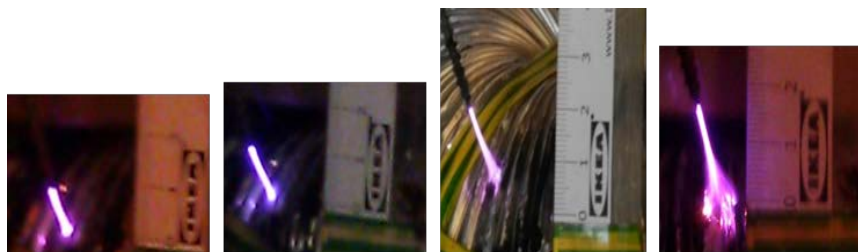


Рис. 7. Дуговые разряды при различных параметрах.

В результате данного исследования были определены оптимальное расположение первичной обмотки, количество ее витков. Выяснено, что емкость вторичного контура положительно влияет на длину дугового разряда.

2. Измерение выходного напряжения (проведенное при помощи самодельного киловольтметра), исследование влияния вторичной обмотки на первичную (рис. 8). Измерения показали, что при резонансе напряжение на вторичной обмотке многократно увеличивается, и оно оказывает значительное влияние на первичную.

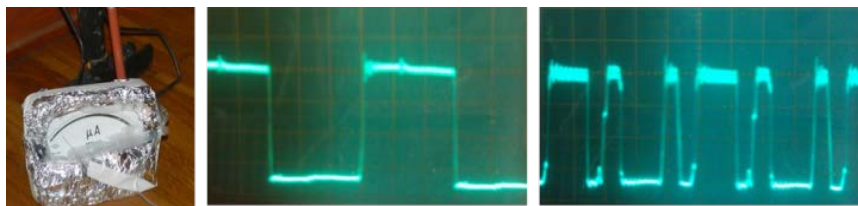


Рис. 8. Самодельный КВ-метр; сигналы на первичной обмотке без резонанса, при резонансе.

3. Исследование параметров ЭМП трансформатора Тесла, проведенное при помощи самодельного датчика на основе магнитной антенны (рис. 9).

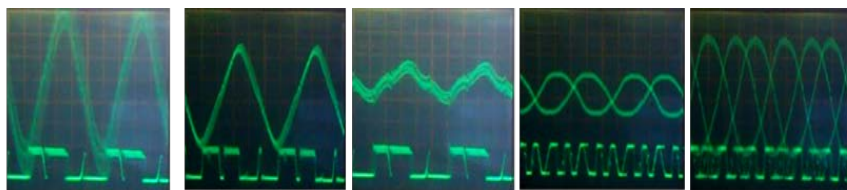


Рис. 9. Сигнал на антенне при различных параметрах.

Данное исследование показало, что напряженность распределена в форме стоячей волны, пучность которой находится на верхнем конце вторичной обмотки.

4. Измерение периода гармоник и тока в первичной обмотке трансформатора Тесла в различных режимах работы

В результате данного исследования было выяснено, что в трансформаторе Тесла большая часть потребляемой энергии переходит в энергию электромагнитного поля, а также то, что в нём

можно наблюдать картину пространственных гармоник, период которых пропорционален емкости вторичного контура

4. Лабораторное исследование эффективности экранирования ЭМИ от демонстрационной установки клеткой Фарадея.

Исследование с помощью профессионального метрологического оборудования показало, что применение клетки Фарадея позволяет снизить уровень ЭМИ от КТ до безопасных значений. Данные зафиксированы в Акте технической экспертизы (рис. 10).

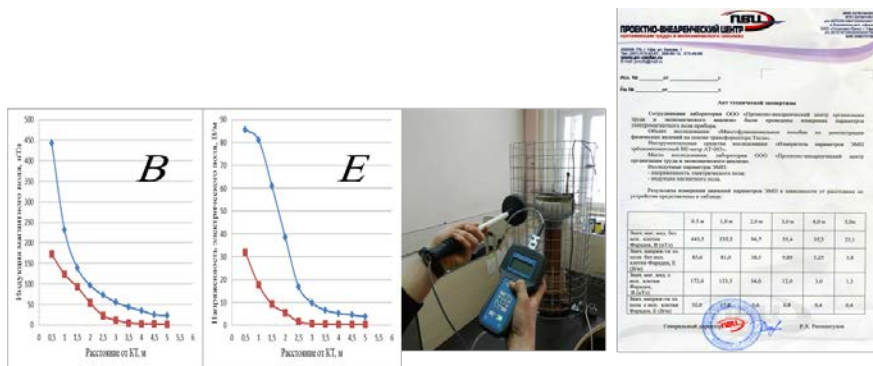


Рис. 10. Результаты исследования индукции магнитного поля, напряженности электрического поля; процесс исследования. Акт технической экспертизы.

В рамках работы проведено сравнение с единственным найденным аналогом – учебной катушкой Тесла немецкой фирмы «3B Scientific». Устройство, созданное в рамках данной работы, обладает преимуществом по функциональности, универсальности,

инвариантности, возможности расширения функционала, стоимости, наличии защиты от электромагнитного излучения и озона, но уступает аналогу по массе и габаритам.

Результаты работы:

- Разработана, изготовлена и исследована демонстрационная установка по электродинамике, которая отвечает всем требованиям к современному учебному оборудованию, в том числе соответствующим СанПиН и ГОСТ [11, 12, 13, 14, 15, 16].
- Разработано методическое пособие для работы с установкой.
- Созданная установка успешно апробирована и представлена на региональных и всероссийских конференциях

Научная новизна работы заключается в комплексной адаптации трансформатора Тесла к учебному процессу, а также в применении клетки Фарадея как дополнительной емкости вторичной обмотки, что существенно повышает эффективность установки.

Практическая ценность созданного устройства заключается в том, что оно может использоваться в качестве демонстрационной установки в учебном процессе и для популяризации технических и естественнонаучных дисциплин.

Фотографии опытов, проводимых на разработанной установке, представлены на рис. 11.

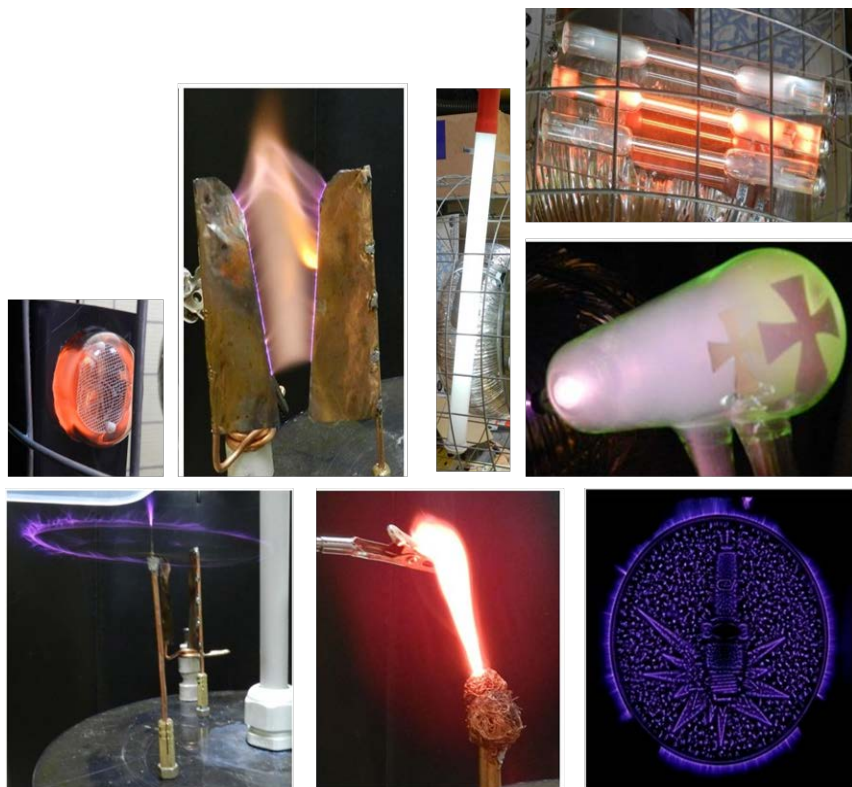


Рис. 11. Опыты, проводимые на созданной установке:

демонстрация стоячей электромагнитной волны; эффект «лестницы Иакова»; свечение различных газов в ЭМП высокой напряженности и беспроводная передача энергии; опыт с «мальтийским крестом»; эффект «ионного двигателя»; окрашивание дугового разряда различными веществами и демонстрация плазменного громкоговорителя; эффект Кирлиана.

Литература:

1. Федеральный компонент государственного стандарта общего образования. Часть II. Среднее (полное) общее образование./ Министерство образования Российской Федерации. - М. 2004. - 266 с.;
2. Резник Н.И., Берестнева О.Г., Алексеева Л.Ф., Шевелев Г.Е. Вопросы образования: Инвариантный подход. Компетентностный подход.— Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2009. – 461 с.;
3. Л. А. Бессонов. Теоретические основы электротехники. — 9-е изд. — М.: Высшая школа, 1996;
4. "RF Coils, Helical Resonators and Voltage Magnification by Coherent Spatial Modes" by Kenneth and James Corum;
5. Ландау, Л. Д., Лифшиц, Е. М. Теория поля. — Издание 7-е, исправленное. — М.: Наука, 1988;
6. О.С. Литвинов, К.Б. Павлов, В.С. Горелик. Электромагнитные волны и оптика. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана.
7. Tesla's lectures before the Institution of Electrical Engineers (London) and the Royal Institution (London), February 3 and 4, 1892;
8. Hyper and Ultra High Frequency Engineering, by R. Sarbacher and E.W. Edson, Wiley, 1943;

9. Быков В.Л. Глава 4. Кожа и её производные // Частная гистология человека. — СПб: Сотис, 2001. — С. 56-70. — 304 с. — 3000 экз. — ISBN 5-85503-116-0;
10. Улащик В. С. Универсальная медицинская энциклопедия. Физиотерапия. — Книжный дом, 2008. — 640 с. — ISBN 978-985-489-713-4;
11. ГОСТ 28139-89 Оборудование школьное. Общие требования безопасности;
12. Санитарно-эпидемиологические требования к условиям и организации обучения в общеобразовательных учреждениях. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы СанПиН 2.4.2.2821-10;
13. Инструкция по охране труда при проведении демонстрационных опытов по физике ИОТ-008-2004;
14. СанПиН 2.4.2.1178-02 «Гигиенические требования к условиям обучения в общеобразовательных учреждениях»;
15. «Правила безопасности труда для кабинетов (лабораторий) физики общеобразовательных школ» (Приложение к письму Минпроса РСФСР от 11 апреля 1983 г. № 96-М);
16. СанПиН 2.2.4/2.1.8.055-96 «электромагнитные излучения радиочастотного диапазона (ЭМИ РЧ)».

Использование машинного зрения для управления компьютером

*СПАСЕНКИН Евгений Александрович
г. Москва, ГБОУ СОШ №843, 11 класс*

*Научный руководитель:
Аристов Борис Константинович,
старший преподаватель кафедры
«Компьютерные системы и сети»
МГТУ им. Н.Э. Баумана*

В последнее время область обучения компьютерных систем стала стремительно развиваться. Создается множество роботов, микроконтроллерных систем и других устройств, относящихся к области искусственного интеллекта, что подразумевает принятие самостоятельных решений компьютером (например: перемещение робота после анализа окружающей обстановки). На данный момент компьютеры могут обрабатывать изображения в виде набора данных и выполнять с ними различные операции. Эти операции можно классифицировать с помощью разделов компьютерного зрения: Распознавание, Движение, Восстановление сцены, Восстановление изображения.

Распознавание - одна из самых обширных областей, которая включает множество задач. Одной из них является распознавание частей тела человека (например: лица). В общем виде распознавание представляет собой обработку изображения, представленного в виде набора данных с помощью математических алгоритмов. Алгоритмы

используют сравнение идеалов с обрабатываемыми данными, определяя совпадение свойств и признаков объектов. «Идеалы» представляют собой xml-файлы, которые можно «обучать», а затем использовать для работы алгоритмов.

Задача данной работы: написать программу, которая определяет направление взгляда и в соответствии с ним осуществляет перемещение курсора.

Описание работы программы: программа должна иметь основной цикл, в котором при каждом его запуске будет получаться кадр с web- камеры и над ним выполняться вся работа распознавания. Распознавание должно быть последовательное:

- Область лица,
- На этой области - область глаз,
- На области глаз - контур зрачков.

Затем определяем центры зрачков, определяем разность между центрами зрачков и центрами глаз - получаем вектор перемещения. Для реализации данной задачи использовались: Visual Studio C++ , Библиотека компьютерного зрения OpenCV, Web- камера.

1 этап. Получение видеопотока.

Вначале необходимо получить изображение для обработки. Планируется покадровая обработка, поэтому необходимо в цикле при каждом его запуске получать изображение с камеры. Для этого существуют удобные базовые функции OpenCV .

2 этап. Распознавание лица.

В данной библиотеке распознавание лица выполняется посредством функций Хаара. Это не вейвлеты Хаара, но их можно называть Хаар подобными функциями. Функции Хаара определяют лицо с помощью прямоугольных комбинаций (рис.1). Для распознавания используются обученные наборы данных.

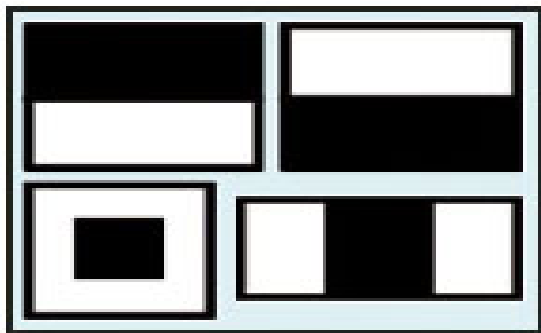


Рис. 1. Прямоугольные комбинации, определяющие лицо.

Такими прямоугольными комбинациями определяется существование функции Хаара: из среднего значения пикселей темного прямоугольника вычитается среднее значение пикселей светлого прямоугольника, если эта разница превышает порог, который установлен обученным набором, то функция Хаара считается существующей. В нашем случае распознавания лица данный классификатор вернет положительный результат поиска признаков лица. Таким образом, на всем кадре в разных локациях определяется существование функций Хаара. Причем с первым отрицательным ответом одного из классификаторов вводная область пропускается, и остальные классификаторы не используются (рис. 2).

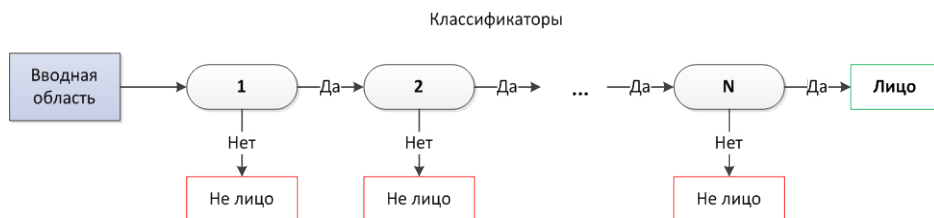


Рис. 2. Алгоритм распознавания.

3 этап. Распознавание глаз.

Результатом 2-го этапа было получение области верхней половины лица для поиска глаз. Для распознавания глаз используем те же методы, что и для распознавания лица, но уже по области для поиска глаз.

4 этап. Распознавание зрачков.

Теперь нужно распознавать зрачки. Просмотрев руководство, решил, что для этого подойдет поиск окружностей методом Хафа. Данный алгоритм ищет окружности следующим образом. Сначала применяется функция `cvSobel`. Данная функция применяется для того чтобы рассчитать градиентный вектор в каждой точке области. Все изображение анализируется несколькими квадратными областями - накопителями. Градиент - это изменение яркости, а градиентный вектор - направление и величина изменения яркости в этом направлении. То есть по градиентному вектору можно понять, принадлежит ли точка контуру. Составляются контуры. Затем среди точек выбирается та, расстояние от которой одинаково для большинства точек контура. Затем, используя простейшие

математические расчеты, находим вектор смещения центра зрачка относительно центра глаза. Синхронизация с элементами Windows (курсор мыши) не составила труда, используя стандартные функции C++.

В *итоге* научно-исследовательской работы я получил программу, которая определяет направление взгляда пользователя и осуществляет перемещение курсора по экрану, в соответствии с направлением взгляда. Есть перспективы развития программы. Считаю, что результаты моей работы должны быть востребованы, т.к. разработанная программа поможет людям с ограниченными физическими способностями пользоваться компьютером. Также программа может использоваться любым пользователем в качестве альтернативы стандартным средствам управления.

Литература:

1. Герберт Шилдт, C++: базовый курс, 3-е издание. : Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2010. – 624 с.
2. Gary Bradski and Adrian Kaehler, Learning OpenCV. : – М.: O'Reilly Media, 2008. – 556 с.
3. Сергей Брин и Ларри Пейдж, Поисковая система Google [Режим доступа]: <http://google.com>

СЕКЦИЯ III. Системы безопасности

Дискретное вейвлет преобразование сигнала

БЕЛЯКОВ Иван Александрович

пос. Монино, МАОУ СОШ № 1, 11 класс

Научный руководитель:

Бонч-Бруевич Андрей Михайлович,

к.т.н., доцент кафедры

«Защита информации»

МГТУ им. Н.Э. Баумана

Согласно И. Мейеру [3] вейвлет-базисы обладают универсальной применимостью и позволяют описывать обычные или обобщенные функции. В отличие от ситуации с рядами Фурье коэффициенты вейвлет-рядов передают свойства функции или распределения просто, точно и надежно. Вейвлет стало необходимым математическим инструментом во многих исследованиях. Их используют в тех случаях, когда результат анализа некоего сигнала должен содержать не только простое перечисление его характерных частот (масштабов), но и сведения об определенных локальных координатах, при которых эти частоты проявляют себя. Таким образом, анализ и обработка нестационарных (во времени) или неоднородных (в пространстве) сигналов разных типов представляют собой основное поле применений вейвлет - анализа. Что такое вейвлет анализ? Это

разложение сложного сигнала на элементарные функции, "маленькие волны" или вейвлет. При разложении для каждой элементарной компоненты сигнала определяется ее амплитуда, сдвиг во времени и масштабирующий коэффициент.

Цель работы - интерпретация коэффициентов вейвлет разложения для различных областей применения вейвлет анализа. В работе исследовалось применение вейвлет анализа главным образом к одномерным сигналам, таким как сигналы датчиков или звуковые сигналы. Однако вейвлет анализ применяется и для обработки изображений.

Применительно к одномерным сигналам коэффициенты вейвлет разложения представляют собой спектральное изображение. Функции масштаба, сдвига, амплитуды являются базовыми. Влияние данных функций показано на рис.1.

Существует множество вариантов функций вейвлетов - хаара, морли, добеши...они различаются формой но в целом похожи - у них конечная длительность и они обладают свойством ортогональности. Любой сигнал можно разложить как сумму данных функций. Сдвинутых, растянутых и увеличенных, в соответствии с коэффициентами сдвига, масштаба и амплитуды. Таким образом, сигнал может быть представлен в виде набора коэффициентов вейвлет разложения. Коэффициенты отображаются на графике вида, где по осе абсцисс откладывается время, а по ординат коэффициенты масштаба.

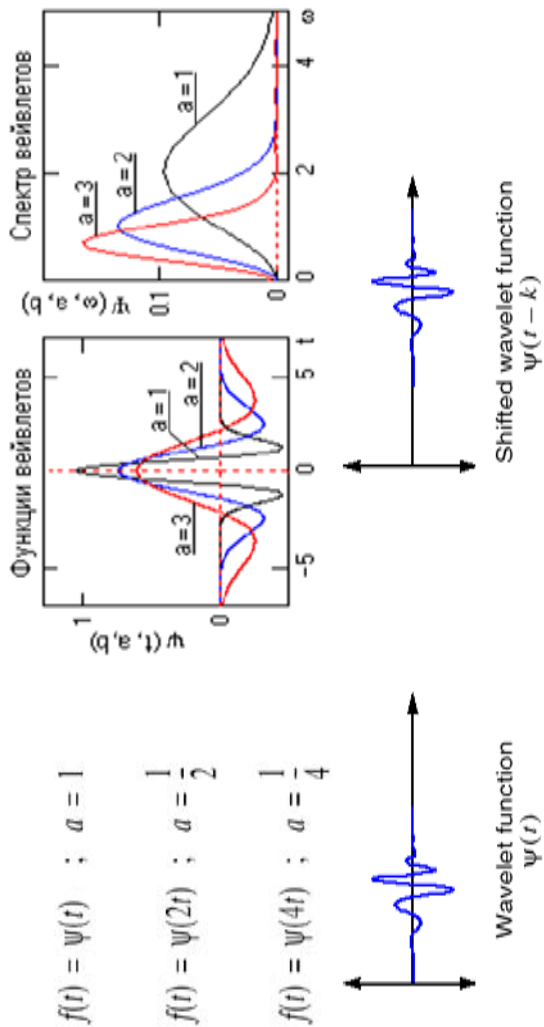


Рис. 1. Функции вейвлет разложения.

Интерпретация коэффициентов вейвлет разложения возможна на основе контурного анализа вейвлет спектрограмм и выделения на них характерных линий, фигур и т.д., свидетельствующих об определенных особенностях сигналов. Результатом анализа является набор коэффициентов вейвлет разложения или вейвлет спектр (рис. 2). Белые линии соответствуют более значимым компонентам. Также видны переходы через ноль, шум.

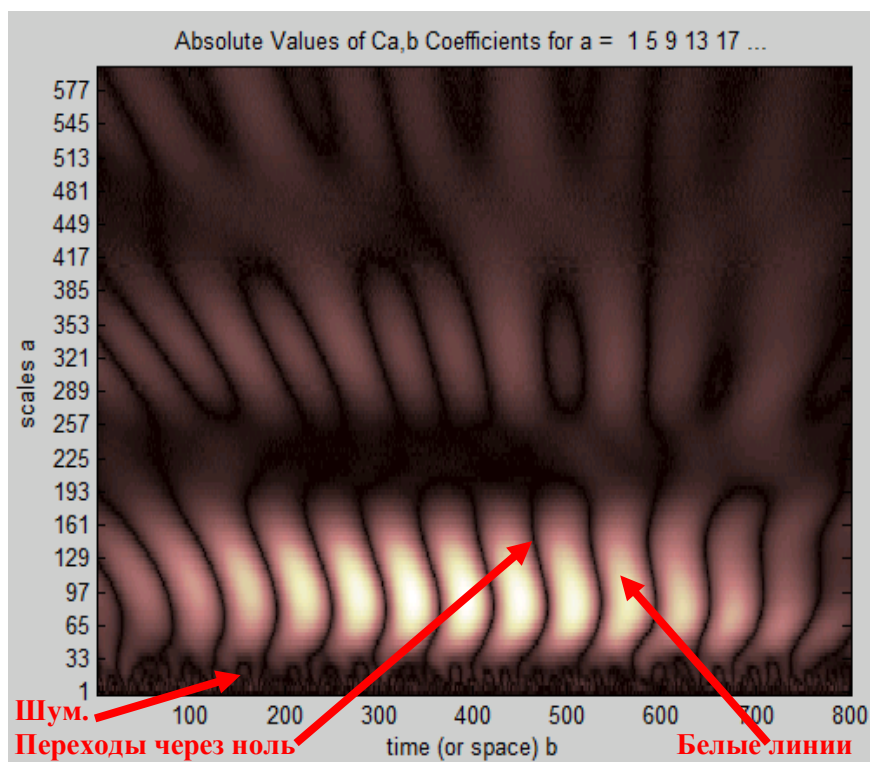


Рис. 2. Вейвлет разложение.

Даже небольшие изменения формы сигнала, незаметные при Фурье анализе, приведут к сильному изменению картины вейвлет спектра.

Выводы:

1. Результатом вейвлет анализа (wavelet анализа) является нахождение вейвлет спектра, то есть коэффициентов амплитуды, масштаба и сдвига для элементарных вейвлет функций, в базисе которых выполняется анализ.
2. Вейвлет спектр может быть представлен графически, аналогично спектрограмме Фурье разложения. К графическому представлению вейвлет спектра могут быть применены методы анализа и обработки изображений, например для поиска или сортировки.
3. Вейвлет анализ более эффективен для коротких сигналов, в которых практически нет повторяющейся структуры. Для сигналов большой длительности удобнее использовать Фурье анализ.

Литература:

1. Астафьева Н.М. Вейвлет-анализ: Основы теории примеры применения. Успехи физических наук, 1996
2. Астафьева Н.М. Успехи физических наук, 2001
3. «Вейвлет-базисы обладают универсальной применимостью: «все, что попадает под руку».

4. Дьяконов В., Абраменкова И. MATLAB. Обработка сигналов и изображений.
5. А. Петров. Вейвлет и их приложения - Рыбинск, РГАТА 2007

**Оценка чувствительности MEMS-акселерометра,
входящего в состав отладочного комплекта STM32F4-
DISCOVERY**

*ВАСИЛЬЕВА Анастасия Игоревна
г. Москва, ГБОУ СОШ №1344, 11 класс*

*Научный руководитель:
Бонч-Бруевич Андрей Михайлович,
к.т.н., доцент кафедры
«Защита информации»
МГТУ им. Н.Э. Баумана*

В современном мире применение акселерометров очень широко. Акселерометр - прибор, измеряющий проекцию кажущегося ускорения (разность между абсолютным ускорением объекта и гравитационным ускорением). Они используются для управления в играх без использования кнопок — путем поворотов в пространстве, встряхиваний; часто встраиваются в мобильные устройства (в частности, в телефоны); применяются в качестве шагомеров, датчиков для определения положения в пространстве, автоматического поворота дисплея. Также они являются неотъемлемым компонентом навигации (системы управления траекторией движения) ракет и других беспилотных летательных аппаратов.

В работе был использован MEMS¹-акселерометр. Датчик движения основан на конденсаторном принципе. Подвижная часть системы — классический грузик на подвесах. При наличии ускорения грузик смещается относительно неподвижной части акселерометра. Обкладка конденсатора, прикрепленная к грузику,

¹ MEMS или МЭМС - технологии и устройства, объединяющие в себе микроэлектронные и микромеханические компоненты.

смещается относительно обкладки на неподвижной части. Емкость меняется. При неизменном заряде меняется напряжение – это изменение можно измерить и рассчитать смещение грузика. Далее, зная его массу и параметры подвеса, легко найти искомое ускорение[1]. Схематически этот принцип работы показан на рисунке 1.

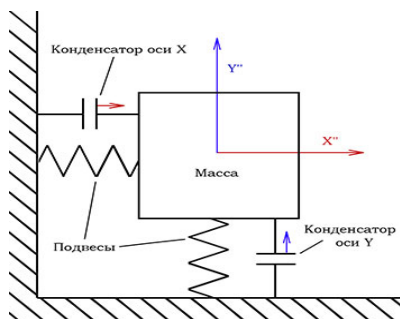


Рис. 1. Принцип работы MEMS-акселерометра.

Целью работы было подтверждение заявленных производителем значений чувствительности акселерометра, а именно обеспечение определенной степени его точности, надежности, стабильности и достоверности. Ведь при практическом применении акселерометров не исключены ситуации, в которых указанные в соответствующих паспортах данные не соответствуют действительности.

Методик определения частотных характеристик и чувствительности акселерометров существует несколько:

- абсолютный метод (метод, основанный на применении лазерного датчика перемещения; метод взаимности и др.);
- метод сравнения (метод сравнения с применением соединенных механически друг с другом акселерометров);

- методы, основанные на применении калибраторов (например, вибростендов или вибраторов, с точно определенными параметрами) [2].

В работе был исследован отладочный комплект STM32F4-Discovery. Оценочная плата выполнена на базе микроконтроллера STM32F407VGT6 и содержит дополнительно 3-осевой цифровой акселерометр, MEMS аудио сенсор, аудио ЦАП с интегрированным усилителем D класса, пользовательские светодиоды, кнопки, порт и коннектор microUSB.

На плате расположен акселерометр LIS302DL. Он обладает следующими основными характеристиками [3]:

- Измерение ускорения по трём осям;
- Два диапазона измерения $\pm 2g / \pm 8g$;
- Чувствительность от 16.2 до 19.8 mg;
- Напряжение питания 2.16 - 3.6 В.

В работе осуществлялось сравнение тестируемого акселерометра (LIS302DL) с эталонным (поверенным акселерометром) с целью подтверждения заявленных производителем значений чувствительности.

В эксперименте необходимо было сравнить значения виброускорения, задаваемое виброизлучателем “ВИ-45”, фиксируемое двумя акселерометрами (1 – испытуемый образец, 2 – эталон) в режиме реального времени. Образец и эталон находились в одних и тех же условиях, на равном удалении от источника виброускорений. Данный метод калибровки называется метод сравнения.

Значения ускорения, фиксируемые с эталона, подавались на первый канал анализатора спектра ZetLab A17-U4, где фиксировалась временная диаграмма сигнала от акселерометра эталона.

На второй канал анализатора спектра ZetLab A17-U4 приходил сигнал сработки (сигнал включения соответствующего светодиода) с макетной платы STM32F4-Discovery. Включение соответствующего светодиода интерпретирует достижение программно-заданного порога срабатывания акселерометра LIS302DL.

Структурная схема созданного лабораторного стенда представлена на рисунке 2.

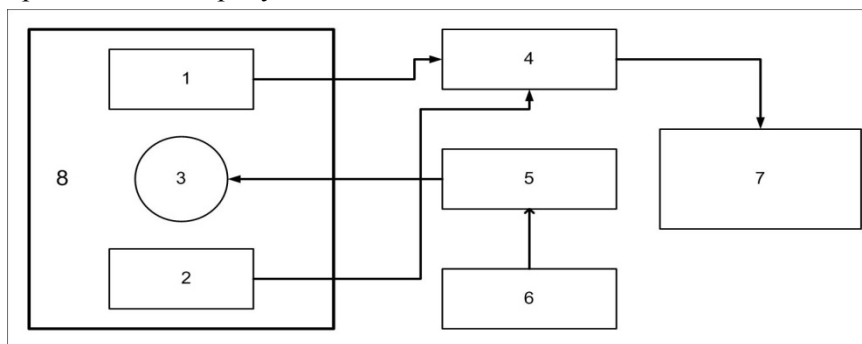


Рис. 2. Структурная схема лабораторного стенда, где:

1 - Отладочный комплект STM32F4-Discovery с акселерометром LIS302DL (испытуемый образец); 2 - Вибропреобразователь AP2037-10 (эталон); 3 - Виброизлучатель “ВИ-45”; 4 - Четырёхканальный анализатор спектра ZetLab A17-U4 ; 5 - Усилитель измерительный низкочастотный; 6 - Генератор сигналов низкочастотный; 7 - ПК с установленным программным обеспечением ZetLab A17-U4; 8 – лабораторный стол с демпфером.

Для понимания того, каким образом была реализована возможность наглядно наблюдать за достижением порогового значения при воздействии виброускорения, на схеме (Рис. 3) представлена часть алгоритма программного кода, решающего данную задачу. Опишем алгоритм:

1. Считывается в переменную-массив `buffer1` двоичная последовательность (8бит) регистра `Status_Reg`;

2. Считанная последовательность заносится в переменную `New`;

3. Проверяется условие наличия новых данных в регистре `OutZ` (регистр `OutZ` содержит двоичную последовательность (8бит), которая интерпретирует значение реального ускорения на текущий момент);

4. В случае выполнения условия наличия новых данных производим считывание в переменную - массив `buffer` двоичную последовательность (8бит) регистра `Out_Z`;

5. Считанную последовательность заносим в переменную `ZOffset`.

6. И самое важное условие – пороговое условие. Проверяется условие превышения заданного пользователем порога. В процессе постановки эксперимента я применяла два порога 55 и 56.

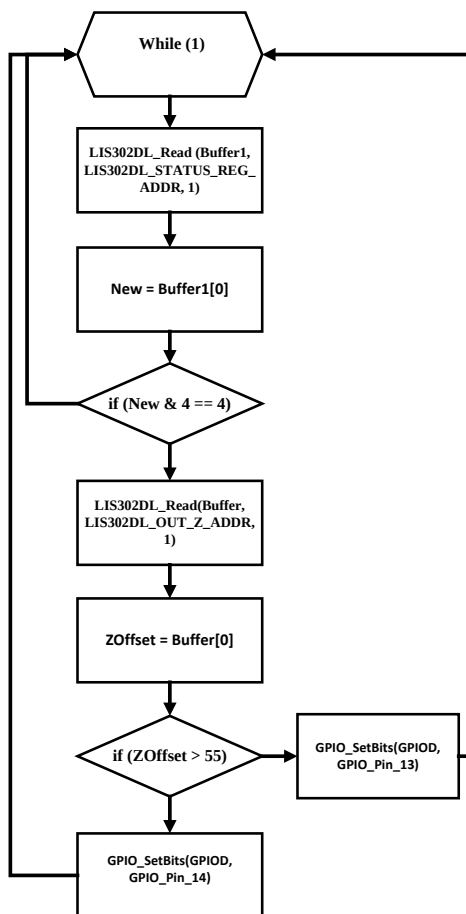


Рис. 3. Блок-схема.

7. В случае превышения порогового значения подается команда на включение светодиода Pin_14. [3]

На картинке, получаемой с анализатора спектра, можно было наглядно увидеть значения ускорения, присутствующие в режиме реального времени на лабораторном стенде, показываемое акселерометром эталоном в момент достижения программно-заданного порога на испытуемом акселерометре.

Сделав несколько таких опытов на соседних порогах срабатывания, можно сделать выводы о значениях чувствительности испытуемого акселерометра. То есть разность значений ускорения между соседними пороговыми значениями (пороги срабатывания 55, 56) и является чувствительностью испытуемого образца акселерометра.

Один из снимков с экрана анализатора спектра представлен на рисунке 4.

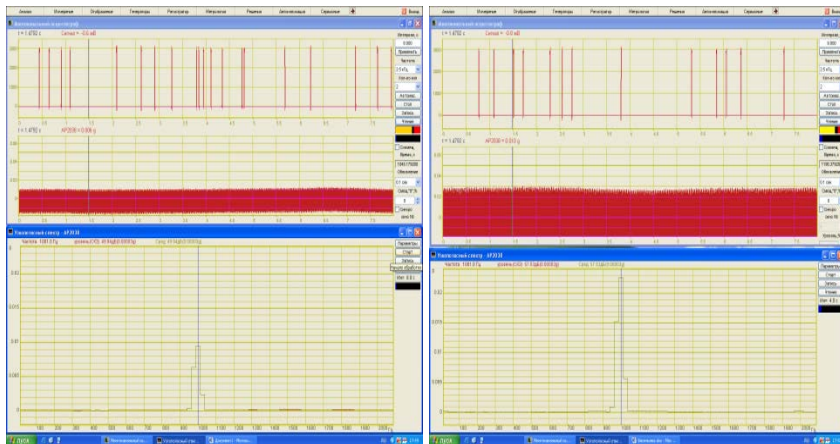


Рис. 4. Снимок с экрана анализатора спектра.

Стоит отметить, что уровень данных пиков является усредненным значением по всем значениям ускорений, фиксированных при достижении порогового значения за период записи сигнала (10 секунд).

Полученные в ходе эксперимента данные занесены в таблицу.

Таблица 1. Результаты эксперимента.

Частота (Гц)	Порог 55 (mg)	Порог (mg) 56	Δ (mg)
1000	9	23	14
1500	10	22	12
2000	8	13	5
3000	4	11	7

Выводы:

- реальная чувствительность акселерометра LIS302DL отладочного комплекта STM32F4-Discovery находится в диапазоне от 7 mg до 14 mg (доказано экспериментальным путем, методом сравнения с эталоном);
- подтвержденные в ходе эксперимента значения чувствительности акселерометра LIS302DL отладочного комплекта STM32F4-Discovery имеют значения не хуже, чем заявлено производителем.

Литература:

1. <http://ru.wikipedia.org/wiki/%C0%EA%F1%E5%EB%E5%F0%EE%EC%E5%F2%F0>
2. http://www.zetlab.ru/support/articles/analyzers/metodi_kalibrovki/index.php?print=Y
3. DataSheet LIS302DL.

Метод Гаусса для решения систем линейных уравнений

*КАЛЛИСТОВА Наталья Дмитриевна
г. Москва, ГБОУ ЦО №1679, 11 класс*

*Научный руководитель:
Матвеев Валерий Александрович,
д.т.н., заведующий кафедрой
«Информационная безопасность»
МГТУ им. Н. Э. Баумана*

В самых различных задачах расчета и моделирования возникает проблема решения систем линейных алгебраических уравнений (СЛАУ). Это объясняется прежде всего тем, что очень многие численные методы опираются на процедуры линеаризации, приводящие к составлению СЛАУ. С другой стороны, класс линейных уравнений сам по себе является достаточно распространенным при решении различного рода практических задач из таких областей как например оптимизация, логистика и некоторые другие. Естественным образом вследствие сказанного встает задача выбора наиболее эффективных с точки зрения скорости вычислений и их точности методов решения СЛАУ. Оказывается, что, несмотря на обилие методов решения СЛАУ, единого универсального метода не существует. Какие-то методы дают большую точность, но нуждаются в предварительном знании некоторых свойств системы уравнений или начальном приближении для уточнения ее корней. Другие позволяют решить

любую систему уравнений (или дать заключение о том, что ее решить нельзя), но при этом ограничены в скорости или точности.

В настоящей работе был рассмотрен метод Гаусса, который также называется гауссовым исключением и является основным для некоторых итерационных методов решения СЛАУ, а также применяется и при решении задач криптоанализа.

В начале процесса решения системы линейных алгебраических уравнений необходимо определить и обозначить, что является предметом решения, то есть определить понятие СЛАУ.

Система m алгебраических уравнений с n неизвестными (СЛАУ, линейная система) – это система уравнений (1) вида

$$\begin{cases} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n = b_1 \\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n = b_2 \\ \dots \\ a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mn}x_n = b_m \end{cases}, \quad (1)$$

где m – количество уравнений,

n – количество неизвестных,

$n=m$ при составлении матрицы

определитель равен нулю,

$x_1, x_2, \dots, x_n$ – неизвестные,

$a_{11}, a_{12}, \dots, a_{mn}$ – коэффициенты системы,

$b_1, b_2, \dots, b_m$ – свободные члены, которые предполагаются известными.

Индексы коэффициентов a_{ij} обозначают номера уравнения i и неизвестного j , при котором стоит коэффициент [1]. Система называется однородной, если все ее свободные члены ($b_1 = b_2 = \dots = b_m = 0$) равны нулю, в других случаях система называется неоднородной. Система называется квадратной, если число m уравнений равно числу n неизвестных.

Совершенно определено, что получение решения системы уравнений для трехмерного случая возможно только в том случае, когда уравнения, входящие в эту систему, определяют плоскости, занимающие общее положение в трехмерном пространстве друг относительно друга.

Далее будем рассматривать СЛАУ в матричной форме (3), определитель матрицы отличен от нуля:

$$\begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \vdots \\ b_n \end{pmatrix} \quad (3)$$

Для решения СЛАУ разработано множество методов, один из которых – метод Гаусса. Требуется решить систему уравнений (3). Суть метода Гаусса заключается в определенных операциях, с помощью которых исходную систему можно свести к более простой.

Обычная реализация метода Гаусса предполагает два этапа:

- на первом этапе производится прямой ход: путём элементарных преобразований над строками систему приводят к ступенчатому виду (треугольная форма), либо выясняют, что система несовместна;
- на втором этапе производится обратный ход: выражаются все базисные переменные через небазисные и строится фундаментальная система решений или, при условии, что все переменные являются базисными, выражается в численном виде единственное решение СЛАУ.

Таким образом, на первом этапе матрица приводится к треугольному виду. Это достигается суммированием строк матрицы и их линейных комбинаций. Если систему не удастся привести к треугольному виду, то говорят о несовместности уравнений, в нее входящих.

Предположим, что необходимо произвести вычисления с максимально возможной скоростью. В этом случае вычисления должны вестись в несколько потоков в режиме распараллеливания. Таким образом, реализацию метода Гаусса предлагается производить по следующей блок-схеме (рис. 1):

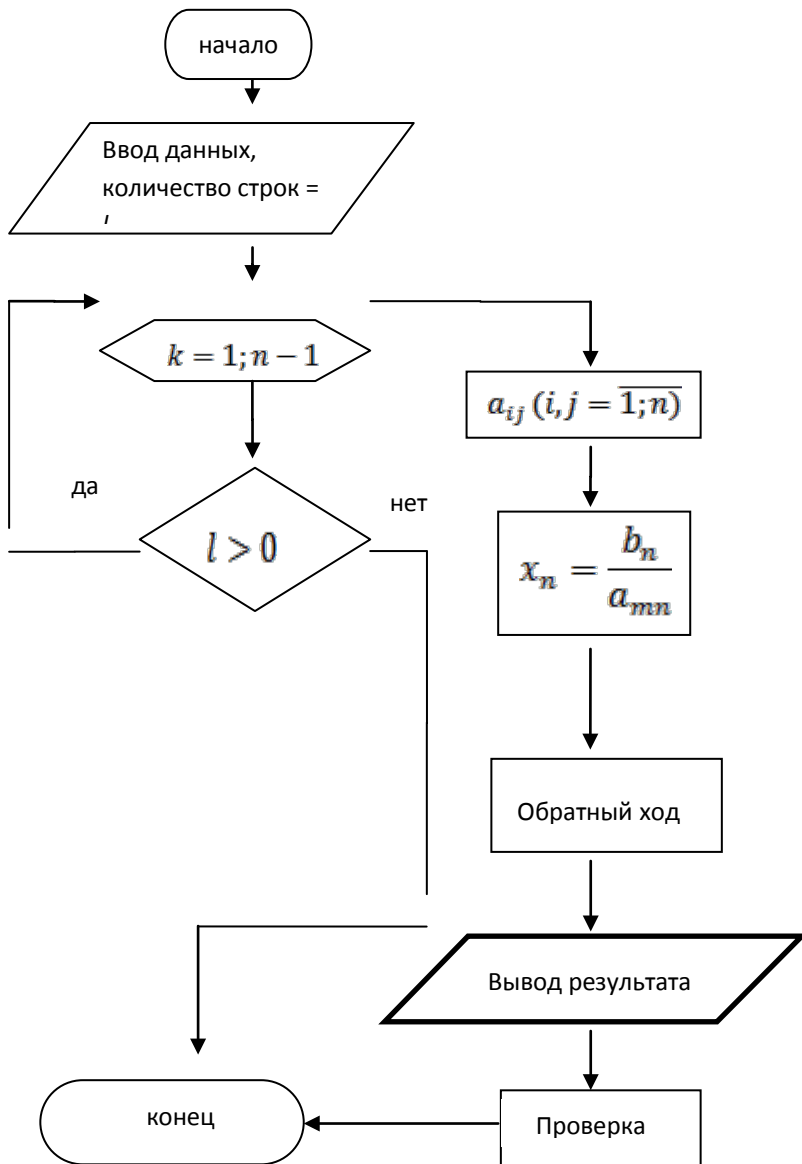


Рис. 1. Блок – схема.

Рассмотренное применение метода Гаусса в защите информации может быть использовано в решениях проблем криптографии.

В задачах криптографии рассматриваются задачи вида $\sum_{j=1}^n a_{ij}x_i = b_i, i = 1, \dots, m$, [8], где

a_{ij} – случайные, ij – дискретные, x_i – целые. Данная система уравнений может быть решена методом Гаусса, то есть приведением к треугольному виду. Вычислительная сложность метода составляет $O(mn^2)$ арифметических операций. В ряде случаев возникает задача решения систем линейных уравнений в алгоритмах дискретного логарифмирования. Для решения такой задачи был разработан метод структурированного гауссова исключения. Этот метод применим когда матрица системы уравнений является разреженной, то есть содержит много нулевых элементов. Объединяет этот метод с его предшественником необходимость перемещения строк и столбцов с тем, чтобы привести матрицу к искомому треугольному виду, для которого достаточно просто получить решение. Таким образом, метод Гаусса проявляет свойства универсальности и широкой применимости к решению различных задач.

Выводы:

1. Алгоритм Гаусса всегда может быть доведен до получения некоторого конечного результата двух видов:

а) Решение для системы совместных уравнений, причем с получением вида этих уравнений: определенных, недоопределенных, переопределенных.

б) Несовместных.

2. Вычислительная сложность метода может быть оценена $O(mn^2)$, что приводит к хорошей оценке временных затрат на вычисления.

3. Для повышения точности результата могут быть использованы модификации метода Гаусса, базирующиеся на итерационных методах решения СЛАУ.

4. Метод Гаусса может быть использован совместно с другими численными методами, давая хорошее начальное приближение для их работы.

5. С помощью приведения к треугольному виду (метода Гаусса, гауссова исключения) можно вычислять определитель квадратной матрицы размера $n \times n$, находить обратную матрицу, находить ядро и образ линейного отображения конечномерных линейных пространств.

Литература:

1. Ильин В. А., Позняк Э. Г. Линейная алгебра: учебник для вузов. – 6-е изд., стер. – М.: ФИЗМАЛИТ, 2004. – 280 с.

2. Амосов А. А., Дубинский Ю. А., Копченова Н. П. Вычислительные методы для инженеров. — М.: Мир, 1998
3. Бахвалов Н. С., Жидков Н. П., Кобельков Г. Г. Численные методы. — 8-е изд. — М.: Лаборатория Базовых Знаний, 2000.
4. Кремер Н. Ш., Путко Б. А., Тришин И. М., Фридман М. Н. Высшая математика для экономистов / Под ред. Н. Ш. Кремера. — 3-е изд. — М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2007. — 479 с. — ISBN 5-238-00991-7
5. Волков Е. А. Численные методы. — М.: Физматлит, 2003.
6. Гайдышев И. Анализ и обработка данных, 2001
7. Корн Г., Корн Т. Справочник по математике для научных работников и инженеров. — М.: Наука, 1970. — С. 575-576.
8. Вержбицкий В. М. Основы численных методов. — М.: Высшая школа, 2009. — С. 80—84. — 840 с. — ISBN 9785060061239

**Математическое моделирование квантового распределения
ключа при шифровании с помощью
one-time pad**

*ПАНКОВА Екатерина Максимовна
г. Москва, ГБОУ ЦО №354, 11 класс*

*Научный руководитель:
Аносов Вячеслав Дмитриевич,
к. ф.-м. наук, доцент кафедры
«Защита информации»
МГТУ им. Н.Э. Баумана*

*Научный консультант:
Федоров Алексей Константинович,
студент кафедры
«Защита информации»
МГТУ им. Н.Э. Баумана*

Среди программно-технических способов и средств обеспечения информационной безопасности традиционно особое внимание уделяется криптографическим методам. Передовым направлением в этой области является исследование методов квантового распределения ключа. Использование алгоритмов квантового распределения ключа позволяет обеспечивать безопасность информации, основанную на фундаментальных законах природы [1-5].

Целью работы является исследование и математическое моделирование в среде MATLAB квантового распределения ключа BB84 как алгоритма распределения ключа при шифровании с

помощью one-time pad (одноразовых блокнотов). Задача состоит в моделировании процесса передачи сообщения по квантовому каналу связи при помощи генерации случайных битовых векторов, иллюстрирующих в протоколе BB84 выбор базиса поляризации и выбор базиса измерения, и процесс согласования ключа по классическому каналу связи. С использованием процедуры побитового сравнения можно найти величину совпавших битов в двух случайных битовых векторах, т.е. размер ключа после согласования.

Статистические свойства, присущие только случайным битовым последовательностям [6], обобщены в статистических тестах NIST [7]. Для выполнения поставленной задачи исследовались последовательности, состоящие из N символов, где N достаточно велико. Для того чтобы получить случайную последовательность, которую можно получить только неалгоритмически, использовался электронный генератор шума.

Как необходимое условие проверки полученной последовательности, проводился частотный побитовый тест, который состоит в определении соотношения между нулями и единицами в битовом векторе. Задача теста состоит в определении того, насколько соотношение числа нулей N_0 и числа единиц N_1 близко к 0.5. Для каждого из сгенерированных битовых векторов результаты представлены в таблице 1. При этом $R(P_i)$ – отношение количества нулей к количеству единиц в битовом векторе P_i .

Таблица 1. Результаты частотного побитового теста.

№	N	N_1 в P_1	N_0 в P_1	N_1 в P_2	N_0 в P_2	$R(P_1)$	$R(P_2)$
1	3000	1496	1504	1508	1492	0.4986	0.5026
2	4000	1979	2021	1972	2028	0.4947	0.4930
3	9000	4442	4558	4524	4476	0.4935	0.5026
4	12000	6091	5909	5935	6065	0.5076	0.4945
5	16000	7995	8005	8050	7950	0.4997	0.5003
6	20000	9938	10062	9958	10042	0.4969	0.4979

Далее был спектральный тест, основанный на оценке высоты пиков быстрого преобразования Фурье. Для моделирования в MATLAB была использована функция FFT(N) от битового вектора N. Для выполнения теста необходимо, чтобы число пиков, превышающих пороговое значение в 0.95 по амплитуде, было значительно больше 0.05. Результаты спектрального теста для каждого из используемых в моделировании битовых векторов представлены на рис. 1.

Результаты частного и спектрального тестов подтвердили случайность выбранных последовательностей. Таким образом, исходными данными для моделирования являются два случайных битовых P_1 и P_2 .

Для оценки длины ключа проводилось побитовое сравнение между случайными битовыми векторами. Результаты в форме зависимости величины ключа от размера передаваемого сообще-

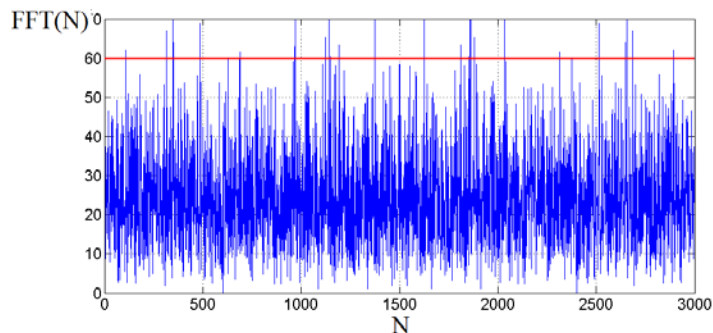
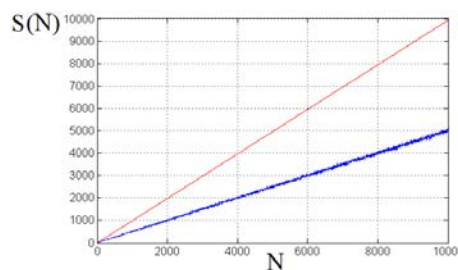
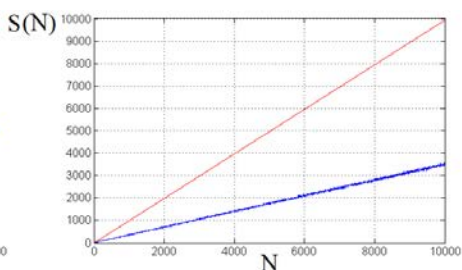


Рис. 1. Результат спектрального теста NIST.

ния представлены на рис. 2 (а). Результат в случае, когда имела место активная атака представлен на рис. 2 (б).



а)



б)

Рис. 2. Зависимость величины ключа от размера передаваемого сообщения (с асимптотой $S(N)=N$).

Общее число комбинаций для атаки типа «brute force» составляет величину порядка 2^{CN} . При достаточно больших N величины растут, очевидно, очень быстро.

Таким образом, в работе методом математического моделирования исследован алгоритм квантового распределения

ключа BB84 как способ распределения ключа при шифровании с помощью одноразовых блокнотов.

Литература:

1. Bennett C. H., Brassard G. Quantum Cryptography: Public Key Distribution and Coin Tossing // IEEE International Conf. Comp., Syste. Signal Proc., Bangalore, India (IEEE, New York, 1984), p. 175
2. Bennett C.H., et al. Experimental Quantum Cryptography // J. Crypt. 5 (1992), №1, 3-28.
3. Молотков С.Н. Квантовое распределение ключей с детерминистическим приготовлением и измерением квантовых состояний // Письма в ЖЭТФ, **91** (2010), №1, 51-57.
4. Федоров А. К. Современное состояние квантовой криптографии. Студенческий научный вестник. «Студенческая научная весна – 2011». Том X. М: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2012, стр. 81-83. ISBN 938-5-7038-3577-7.
5. Федоров А. К. Противодействие атаке «Photon number splitting attack» при квантовом распределении ключа BB84. Студенческий научный вестник. «Студенческая научная весна – 2011». Том XI, часть II. М: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2012, стр. 204-205. ISBN 938-5-7038-3577

6. Успенский В.А., Семёнов А.Л., Шень А.Х. Может ли (индивидуальная) последовательность нулей и единиц быть случайной? // УМН, 45 (1990), №1 (271), 105-162.

7. www.nist.gov

**Применение генераторов случайных чисел на основе
хаотических алгоритмов в задачах информационной
безопасности**

*ЦАРЕВА Марина Александровна
г. Жуковский, МОУ лицей №14, 11 класс*

*Научный руководитель:
Басараб Михаил Алексеевич,
д. ф.-м. наук, профессор кафедры
«Информационная безопасность»
МГТУ им. Н.Э. Баумана*

Информационные технологии охватывают методы сбора, обработки, преобразования, хранения и распределения информации. На протяжении довольно длительного периода времени эти технологии развивались на языковой и «бумажной» буквенно-цифровой основе. В настоящее время информационно-деловая активность человечества смещается в область кибернетического пространства. Это пространство становится реальностью мирового сообщества и определяет переход к электронному развитию информационных технологий. Благодаря выходу в кибернетическое пространство, рост информационного обмена происходит по экспоненциальному закону. Информационные процессы, которые сегодня происходят везде и всюду, стремительно выходят на первый план, вместе с задачами качественной обработки и передачи информации, т.е. обеспечения информационной безопасности. Поэтому с вниманием стоит относиться к безопасности данных,

хранящихся на компьютерах или передаваемых по сети. С ростом удобства передачи электронной информации повышается необходимость защиты этих данных и обеспечения их целостности. В связи с вышеперечисленным поставленная проблема, заключающаяся в рассмотрении и изучении способов обеспечения информационной безопасности, исследовании физико-математических моделей хаотических систем, а также в изучении свойств генераторов хаотических последовательностей на их основе применительно к задаче аутентификации на сегодняшний день является актуальной и заслуживает особого внимания.

АУТЕНТИФИКАЦИЯ В КРИПТОГРАФИИ. Информационная безопасность — это процесс обеспечения конфиденциальности, целостности и доступности информации.

Аутентификация — это механизм, посредством которого устанавливается тождественность неизвестного объекта известному на основании совпадения признаков, т.е. опознание. Например, банк может использовать систему аутентификации для того чтобы определить тот факт, что пользователь является одним из его клиентов. Также аутентификация проявляется каждый раз, когда пользователь вводит пароль в компьютерную систему для входа в систему или для авторизации.

В современном процессе аутентификации необходимо сравнить открытый ключ (полученный с помощью хаотического алгоритма) с закрытым ключом (являющимся первоначальным

условием). В случае несовпадения этих двух ключей процесс аутентификации можно считать неудачным. Следует отметить, что при малейшей попытке изменить параметры начальных условий (закрытого ключа), открытый ключ должен получиться в корне другим. Одним из способов удовлетворения этому условию является применение хаотических алгоритмов шифрования. В следующем разделе рассмотрим хаотическую модель, основанную на решении так называемой задачи динамики N -тел.

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ЗАДАЧИ n ТЕЛ. Любая частица (материальная точка), у которой есть масса, подчиняется закону всемирного тяготения Ньютона (по крайней мере, в макроскопическом масштабе). Этот закон гласит, что сила притяжения F между двумя телами пропорциональна произведению их масс m_1, m_2 и обратно пропорциональна квадрату расстояния r между их центрами:

$$F = \frac{-Gm_1m_2}{r^2},$$

где G – гравитационная постоянная.

Если рассмотреть отдельный объект, то ускорение, которое он приобретет, будет прямо пропорционально силе, действующей на него, и обратно пропорционально массе самого тела (по второму закону Ньютона $F = ma$). Поэтому результирующим уравнением будет:

$$\frac{d^2P}{dt^2} = \frac{-Gm}{r^2},$$

где P – местоположение объекта как функции времени.

Теперь мы можем увидеть, что в евклидовом n -мерном пространстве каждая компонента ускорения частицы имеет вид

$$\frac{d^2 x_k}{dt^2} = \frac{-Gm}{\sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2},$$

где значения x_k являются координатами рассматриваемого объекта, а значения y_i – координатами объекта, к которому он движется.

Дифференциальное уравнение второго порядка может быть решено в закрытой (замкнутой) форме, но, поскольку имеется много объектов, которые влияют на тот объект, который мы наблюдаем, ситуация становится намного сложнее, и точно решить уравнение невозможно. Результирующее уравнение имеет форму:

$$\frac{d^2 x_k}{dt^2} = \sum_{i=1}^p \left(\frac{-Gm_p}{\sum_{i=1}^n (x_i - (y_p)_i)^2} \right)$$

где p – число объектов в системе, влияющих на наблюдаемый объект.

Проблема n тел касается определения перемещения частиц, находящихся под влиянием гравитационных полей, образованных от точечного источника. Эти силы принимают вид, описанный выше, но отличаются только константой, которая используется в уравнении. Положение частицы в таких условиях определяется системой дифференциальных уравнений, а именно законами движения Ньютона. Для случая проблемы двух тел (и тривиальный случай проблемы одного тела), дифференциальные уравнения имеют точные решения. Когда проблема обобщается на случай трех

или более тел, становится невозможным (за исключением некоторых частных случаев) найти закрытую (замкнутую) форму решений дифференциальных уравнений, которые определяют движение системы. Поэтому невозможно точно определить, где данное тело будет после любого конечного периода времени. Однако возможно использовать дифференциальные уравнения, которые определяют приблизительные положения частиц посредством повторения через малый временной шаг.

Примером проблемы n тел является наша Солнечная система. Планеты и Солнце оказывают гравитационное притяжение друг на друга, которое создает динамику, которую мы наблюдаем. Теперь частица, которую мы наблюдали в вышеупомянутых примерах, не притягивает никаких других предметов к себе, но вместо этого, перемещается согласно силам, определенными некоторыми неподвижными объектами. Примером этого был спутник, отправленный в Солнечную систему. Его масса настолько мала, что будет незаметно его влияние на положение планет или Солнца, но планеты или Солнце совершенно точно влияют на траекторию движения спутника. Строго говоря, Солнце и планеты также непосредственно находятся в движении и не являются неподвижными как точки в нашей системе.

Задавая определенные начальные данные планет и правила или законы их изменения с течением времени, будущие положения планет через определенный промежуток времени (например, 10 лет)

высчитываются через хаотическую систему. Однако при заданном только открытом ключе из настоящих условий практически невозможно высчитать те данные, которые подавались в систему вначале, без использования вспомогательных подсказок, таких как направление движения тел (планет) в заданные промежутки времени, которые применялись в данном процессе шифрования.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ.

В данной работе были рассмотрены и изучены способы обеспечения информационной безопасности, являющиеся на сегодняшний день весьма актуальными и прогрессивными. Исследована физико-математическая модель хаотической системы, которая может использоваться при решении задач информационной безопасности. Были изучены некоторые свойства генераторов хаотических последовательностей применительно к задачам криптографии.

Для изучения процесса аутентификации была разработана программа, которая позволяет проиллюстрировать модель хаотического шифрования, применение которого считается прогрессивным для защиты информации, и, возможно, будет также играть значительную роль в дальнейших разработках. Ниже представлены примеры работы программы (рис. 1), где наглядно показано, что при малейшем изменении начального закрытого ключа результат будет совершенно другой.

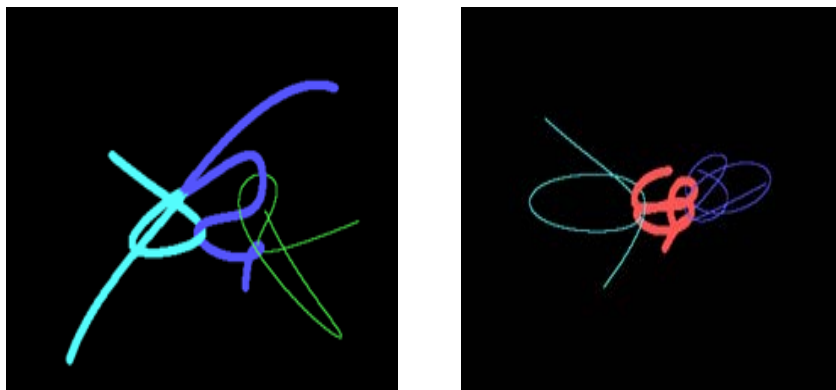


Рис. 1. Примеры работы программы.

Литература:

1. <http://scanner.narod.ru/link/Safe/miszi/miszi3.htm>
2. <http://ru-best.ru/shifr.htm>
3. <http://algolist.manual.ru/defence/intro.php>
4. <http://naukoved.ru/content/view/826/35/>
5. <http://www.realcoding.net/articles/vvedenie-v-kriptografiyu.html-0>
6. <http://www.esotericforum.ru/forum/20-158-1>
7. www.ghcube.com
8. <http://kriptographeia.narod.ru/vernam.html>
9. http://wikipedia.org/wiki/NP-полная_задача
10. Inventor: Richard Eugene Crandall, Portland, US
CRYPTOGRAPHIC SYSTEM USING CHAOTIC DYNAMICS,
Patent No.:US 6,898,287 B2.

СЕКЦИЯ IV. Приборостроение**Навигация домашнего робота**

СИГАЛЕВА Полина Николаевна

г. Москва, ГБОУ ЦО № 656, 11 класс

Научный руководитель:

Лаптева Татьяна Николаевна,

*доцент кафедры «Приборы и системы
ориентации, стабилизации и навигации»*

МГТУ им. Н.Э. Баумана

Летом, когда нужно уезжать в отпуск, требуется обеспечить полив домашних цветов. Каждый выходит из такого положения по-своему, а мне пришла в голову идея создать на основе набора LEGO Mindstorms робота, способного в трехнедельное отсутствие хозяина поливать цветы. Дома у меня есть самые разные цветы и у них горшки разной высоты - 20, 15 и 2 сантиметра (в случае полива в поддон). А всего на три недели на 20 горшков с цветами нужно 8 литров воды. При этом робот должен различать, сколько воды требуется для каждого цветка (всего три варианта объема воды).

Первое, что нужно было сделать – понять, как расставить цветы для полива. Были рассмотрены несколько вариантов: в одну линию, в две параллельные линии, полукругом и т.д. У разных

схем разные недостатки, связанные с особенностями освещения, ограниченными размерами помещения, сложностью механизма распределения воды и небольшой мощностью робота. В моем случае, оптимальным вариантом стало размещение цветов по одной стороне дуги окружности радиусом около 1 м, опирающейся на угол 180 градусов. При этом емкость с водой находится в центре и роботу не надо ее возить. Всем цветам хватает освещения от окна и они свободно размещаются на полу одной комнаты.

Для организации движения по такой траектории было решено использовать линию, нарисованную на листе бумаги, и устройство, распознающее линию и обеспечивающее движение робота вдоль этой линии. Другие варианты (рельсы, жесткая штанга и т.д.) были рассмотрены и отвергнуты из-за ограничений, которые они накладывают на развитие робота, или недостатка деталей.

Итак, робот должен пройти вдоль нарисованной линии с минимальными отклонениями от нее, в нужный момент остановиться и включить подачу воды (в объеме и на высоте, определенными считанным с линии кодом) и вернуться в исходную точку тем же путем без остановок. Развороты робот должен выполнять так, чтобы не перекручивать шланг подачи воды. Цикл должен повторяться раз в неделю.

Обеспечение движения по траектории. В работе рассмотрены типовые варианты решения задачи обеспечения движения вдоль нарисованной линии [1, стр.256]. Обычно в таких

роботах используют два или три датчика освещенности, которые измеряют количество отраженного света. Алгоритм определяет, какой датчик и как сильно отклоняется от черной линии, и поворачивает робота в противоположном направлении. Такие алгоритмы обеспечивают минимальное отклонение от траектории и защиту от ошибок. К сожалению, в наборе LEGO Mindstorms всего один датчик освещенности и мне пришлось использовать другие решения, поскольку типовые варианты не подошли.

Был применен алгоритм, обеспечивающий движение не по средней части черной полосы, а по границе черного и белого цвета. Внутри цикла получаем значение цвета под датчиком и если цвет белый – поворачиваем вправо, а при любом другом цвете – влево. Выход из цикла будет происходить, если цвет под датчиком сменится на желтый. Подробно все алгоритмы рассмотрены в работе. Робот,двигающийся по такому алгоритму, будет следовать по зигзагу, при этом его ось будет находиться над границей черного и белого цветов. Амплитуду колебаний такой конструкции можно сделать относительно небольшой – около 10 мм. Амплитуда определяется скоростью движения робота, расстоянием от датчика до оси колес, кривизной траектории и размером пятна света от датчика цвета. Траектория движения в нашем случае плавная, без резких изгибов и ее форма не будет существенно влиять на амплитуду колебаний робота (рис. 1). Большая скорость движения совершенно не нужна и даже вредна, т.к. при увеличении скорости

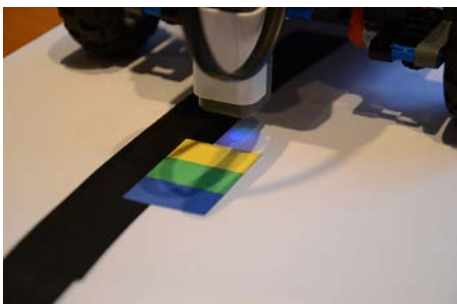


Рис. 1. Робот для полива.

увеличивается амплитуда колебаний, уменьшается точность распознавания цветов, возрастают колебания и т.д. Уменьшить скорость передвижения можно, уменьшив скорость вращения моторов, что влечет за собой уменьшение мощности. При этом робот весом около 1 кг с трудом сдвигается с места. Для уменьшения скорости были использованы редукторы с передаточным отношением 1:2.

Робот выглядит так, как показано на рисунке выше. Конструкция робота подробно описана в работе. Колеса расположены на

расстоянии 15 см и могут вращаться независимо друг от друга. Центр тяжести низкий, а блок питания и управления уравновешен приводом шланга, который находится сзади. Вперед вынесен датчик цвета на высоте 6 мм от пола.

Такая высота датчика выбрана опытным путем. Первые опыты показали, что высота расположения датчика сильно влияет на вероятность возникновения ошибки распознавания цвета. Особенно сильно высота датчика влияет на распознавание синего цвета как раз в той области, где чувствительность датчика минимальна [2, стр.10]. Для определения оптимальной высоты был проведен эксперимент.

Были подготовлены четыре листа, на которых через равные промежутки были нанесены полосы одного цвета. На одном – красные, на других зеленые, синие и желтые. Робот проезжал по листу поперек полосок и записывал время, прошедшее между сигналами правильного определения цвета. Проезды осуществлялись несколько раз при разной высоте расположения датчика. При высоте датчика 6 мм разброс временных интервалов был минимальным (рис. 2).

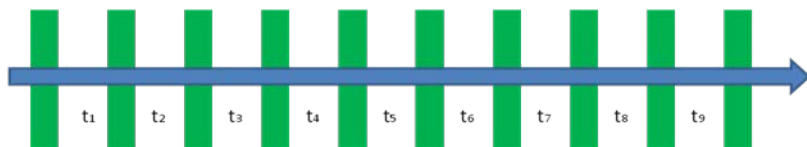


Рис. 2. Интервалы времени.

В ходе этого эксперимента также выяснилось, что

стандартный синий цвет (cyan=100%, magenta=100%, yellow=0%) распознается хуже, чем более светлый синий (cyan=90%, magenta=70%, yellow=0). Размеры элементов цветового кода должны быть больше диаметра светового пятна.

Процедура полива. Для начала процедуры полива необходимо прервать цикл движения вдоль полосы. Для этого предусмотрен выход из цикла движения при обнаружении полосы желтого цвета шириной 15 мм (рис. 3).



Как только датчик определяет желтый цвет, робот останавливается, чтобы успокоить колебания, проезжает

Рис. 3. Цикл движения.

вперед до смены цвета и еще

на 5 мм, т.к. датчик цвета плохо определяет цвет на границе. В этот момент робот запоминает цвет, который находится под датчиком, и едет до третьего цветового поля. Определяет цвет и опускает шланг на соответствующую цвету высоту, вспоминает предыдущий цвет, соответствующий длительности полива, и держит шланг внизу, пока не выльется требуемый объем воды. Для кодирования высоты опускания шланга в программе используется три цвета: красный, зеленый и синий. Для кодирования объема воды используются те же цвета. Линии двух одинаковых цветов не могут располагаться рядом. Подробное описание системы цветового кодирования и алгоритмы приведены в работе.

Процедура разворота в конце цикла полива. Разворачивается робот по похожему алгоритму. Датчик определяет желтый цвет, робот проезжает вперед, видит зеленый или синий, едет дальше и видит перед собой желтый, который является командой для разворота. Он проезжает на 5 см вперед и одновременно разворачивается на 30° для того, чтобы пересечь линию и дальше разворачивается на месте до черной линии. В этот момент робот вспоминает что было на втором месте в коде. Если был зеленый цвет, то он едет дальше. Если был синий, то останавливается и ждет неделю. Цветной код для второго разворота размещается с внешней стороны дуги.

Механизм опускания шланга. Требовалось разработать механизм, который бы поднимал и опускал поливочный шланг на высоту от 2 до 20 см, а также обеспечивал надежное перекрытие воды. Высота зеркала воды составляет 30 см от пола. Важно обеспечить свободное вращение площадки крепления шланга в верхнем положении для беспрепятственного разворота робота. В нашем распоряжении остался лишь один мотор, с помощью которого надо решить эту задачу. Два других мотора используются для перемещения и поворота робота. На ум приходит единственный вариант перекрытия воды – поднять конец шланга выше поверхности воды в емкости. Это не самый надежный вариант, поскольку вода может вытечь в случае опрокидывания механизма, но других вариантов не придумалось.

Для подъема конца шланга на такую высоту можно использовать разные механизмы. К примеру, я пробовала применить ножничный подъемник «пантограф». Натурные эксперименты показали, что жесткости конструкции не хватает, чтобы точно позиционировать пантограф по высоте. В положениях выше среднего такой механизм работает отлично, а в нижних положениях он легко складывается под действием нагрузки за счет значительных люфтов в сочленениях. Итоговый вариант подъемника представляет собой каретку, которая может передвигаться по направляющей штанге вверх и вниз. Каретка подвешена на нитке и приводится в движение мотором через повышающий редуктор 3:1. Редуктор был установлен для повышения скорости подъема каретки. На каретке закреплен поворотный круг и элементы крепления шланга (рис. 4).

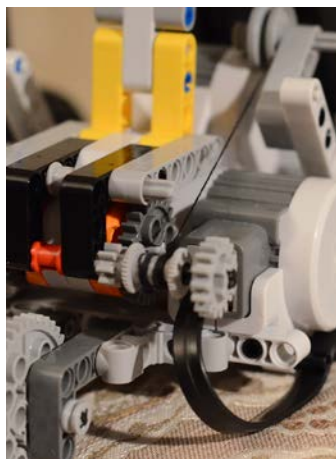
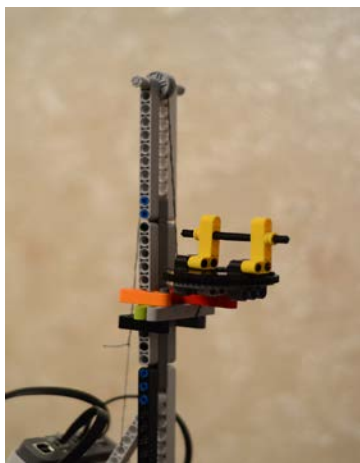


Рис. 4. Итоговый вариант.

Заключение. В дальнейшем хотелось бы подключить четвертый мотор или электромагнитный клапан для надежного перекрывания воды и добавить в программу процедуру аварийной остановки робота при сходе с дистанции.

Созданного робота можно рассматривать в качестве прототипа машины, которая будет выполнять какие-то несложные повторяющиеся действия над предметами расположенными стационарно. Например, это может быть робот, подстригающий кусты в парке, робот, вносящий удобрения в теплице, робот, кормящий различных животных в питомнике, робот, собирающий мусор из урн и т.п.

Литература:

1. Building Robots with LEGO Mindstorms [Mario Ferrari и др.]
2. Extreme NXT [Michael Gasperi и др.]

СЕКЦИЯ V. Радио-опто-электроника

Микроконтроллерная система управления пробуждением

АНДРОНЯК Антон Павлович

г. Москва, ГБОУ лицей № 1537, 11 класс

Научный руководитель:

Мыкольников Яков Владимирович,

научный сотрудник НИО-3 НИИ РЭТ

МГТУ им. Н.Э. Баумана

Важнейшим видом отдыха человека является сон. Во время сна восстанавливаются энергетические запасы нервной системы, которые расходуются во время бодрствования. Современный темп жизни зачастую не позволяет выделить достаточно времени для сна, что сказывается на состоянии человека во время рабочего дня. Известно, что самочувствие человека зависит не только от продолжительности, но и от фазы сна, во время которой происходило пробуждение, поэтому целью данной работы является разработка микроконтроллерного устройства, обеспечивающего комфортное пробуждение человека в оптимальную фазу сна. Для этого в рамках данной работы изучаются физиологические основы сна человека, принципы проектирования печатных плат и принципы работы с микроконтроллерами серии AVR.

Сон человека характеризуется фазовыми изменениями высшей нервной деятельности, и наибольший интерес в рамках

данной работы представляет собой фаза быстрого сна. Состояние человека, находящегося в фазе быстрого сна, напоминает бодрствование, что делает пробуждение во время данной фазы наиболее комфортным для человека.

В зависимости от фазы сна, изменяются многочисленные параметры тела. Наиболее заметными из них являются пульс, двигательная активность и температура тела. Регистрацию параметров можно производить с использованием пульсометра, датчика температуры и акселерометра. Для считывания и обработки данных необходимо использовать микроконтроллер. В качестве интерфейса взаимодействия с пользователем служит блок кнопок и семисегментный индикатор. Блок-схема устройства приведена на рисунке 1.



Рис. 1. Главные элементы устройства.

Конструктивно устройство должно представлять собой плату небольших размеров с возможностью крепления на запястье.

Для управления устройством был выбран восьмибитный микроконтроллер ATmega32. Количество портов ввода-вывода и объем внутренней памяти позволяют реализовать весь потенциал устройства. Программа была разработана в интегрированной среде разработки 8-ми битных приложений AVR Studio.

Программа записывалась в микроконтроллер с использованием JTAG-программатора собственного изготовления (рис. 2), основанного на USB-UART конвертере FT2232D. Печатная плата для программатора была изготовлена по популярной у радиолюбителей “лазерно-утюжной” технологии.

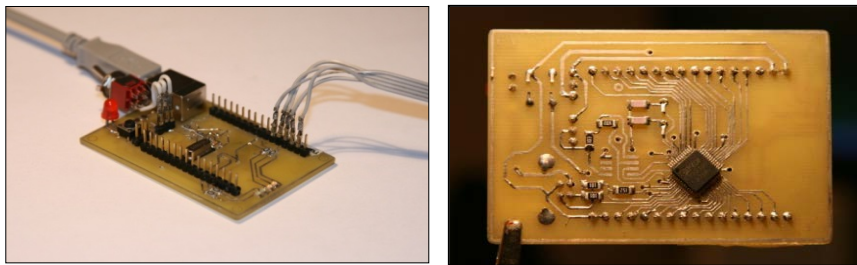


Рис. 2. Микроконтроллер.

Пульс – один из самых главных критериев для определения фазы сна человека. Принцип работы пульсометра схож с принципом работы медицинского аппарата фотоплетизмографа. Кровь, наполняя орган, просвечиваемый инфракрасными лучами, изменяет оптическую плотность, благодаря чему мы можем зарегистрировать колебания.

Был проведен выбор оптимального средства измерения пульса. Наилучшей чувствительностью обладает отражательный

оптический датчик TCRT1010 (рис. 3,4) содержащий в одном корпусе как ИК диод, так и фотоприемник.

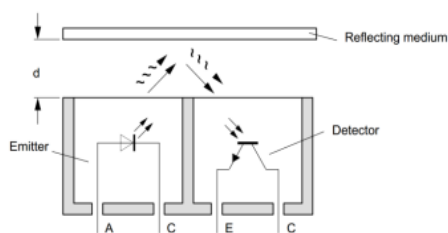


Рис. 3. Иллюстрация работы оптического датчика

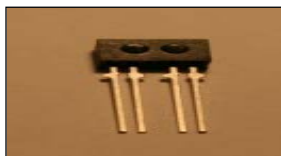


Рис. 4. Оптический датчик TCRT1010.

Фототранзистор датчика подключается по стандартной схеме с общим эмиттером. Излучающий ИК диод управляется микроконтроллером через транзисторный ключ (рис. 5).

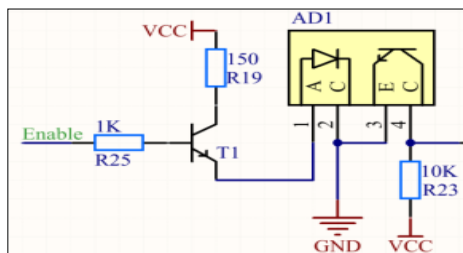


Рис. 5. Включение датчика TCRT1010 на принципиальной схеме.

Для наблюдения формы сигнала в экспериментах был использован портативный USB осциллограф PCSGU250. Сигнал на выходе датчика имеет постоянную составляющую и колебания амплитудой около 20 мВ, являющиеся пульсом.

Полезный сигнал частотой порядка 1 Гц выделялся с помощью фильтра высоких частот (ФВЧ) (рис. 6).

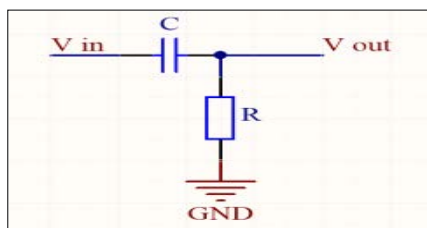


Рис. 6. Схема ФВЧ.

Был проведен расчет элементов ФВЧ. Во сне частота ударов сердца может сокращаться до 40 ударов в минуту. Исходя из этих

данных, была найдена частота среза ФВЧ. Примем нижнее значение количества ударов в минуту равным 30. Частота среза:

$$f = \frac{30}{60} = 0.5 \text{ Гц.}$$

Зная частоту среза, найдем постоянную времени τ .

$$f = \frac{1}{2\pi\tau}, \tau = \frac{1}{2\pi f}, \tau = \frac{1}{2\pi \cdot 0.5} = 0.32 \text{ с.}$$

Постоянная времени численно равна произведению сопротивления на емкость конденсатора, $\tau = R * C$. Из чего следует, что подбор номиналов элементов фильтра определяется равенством $R * C = 0.32$. Сопротивление R необходимо брать достаточно большим, чтобы не было сильного падения напряжения. Были выбраны следующие номиналы элементов фильтра:

$$R = 340 \text{ Ком}, C = \frac{0.32}{340 \cdot 10^3} = 1 \text{ мкФ.}$$

Для проверки работоспособности RC-цепочки с рассчитанными номиналами компонентов, были проведены два эксперимента: моделирование схемы в программе Multisim и проверка на макетной плате с использованием портативного осциллографа.

В программе Multisim на вход дифференцирующей цепочки подается сигнал, по форме аналогичный сигналу с выхода оптического датчика при помощи генератора сигналов (рис. 7).

Сигнал на выходе представляет собой пики частотой 1 Гц, усилив которые, можно передавать на микроконтроллер (рис. 8).

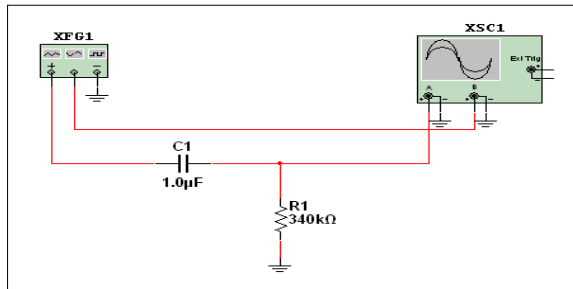


Рис. 7. Схема ФВЧ в Multisim.



Рис. 8. Осциллограмма сигнала на входе (сверху) и на выходе (снизу) ФВЧ

При проведении эксперимента на макетной плате оптический датчик закреплялся на пальце. Сигнал на выходе дифференцирующей цепочки (рис. 9) имел амплитуду колебаний 20 мВ, а частоту колебаний – чуть больше 1 Гц.

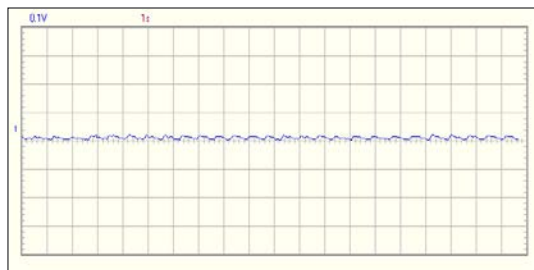


Рис. 9. Сигнал на выходе дифференцирующей цепочки; эксперимент на макетной плате.

Для того чтобы сигнал можно было считать микроконтроллером, необходимо подавать на его вход колебания амплитудой 3 В. На выходе оптического датчика амплитуда колебаний составляет около 20 мВ. Для достижения нужного результата используются два каскада операционных усилителей (ОУ). Был выбран операционный усилитель AD8542, обладающий высоким коэффициентом усиления и низким потреблением тока.

Операционный усилитель включается по схеме неинвертирующего усилителя (рис. 10). Неинвертирующий усилитель содержит отрицательную обратную связь по напряжению, поданную по инвертирующему входу.

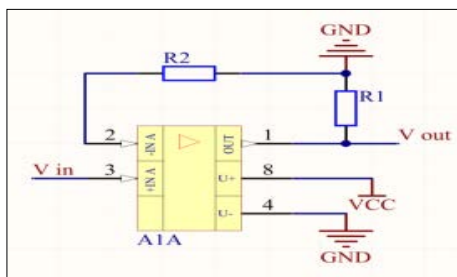


Рис. 10. Схема включения ОУ.

С помощью сопротивлений R_1 и R_2 задается коэффициент усиления, так как выходное напряжение зависит от входного напряжения и сопротивлений в соответствии с формулой $V_{out} = V_{in}(1 + \frac{R_2}{R_1})$. В устройстве используются сопротивления

номиналами 10 Мом и 56 Ком. Это позволяет достаточно усилить слабый сигнал после дифференцирующей цепочки и избежать сильных искажений. Для проверки работы связки усилителя и дифференцирующей цепочки, схема была смоделирована в программе Multisim (рис. 11). Осциллограмма сигнала на выходе усилителя показана на рисунке 12.

Также схема была собрана и протестирована на макетной плате. Микроконтроллер вёл подсчёт импульсов и вывод информации на дисплей (рис. 13). В ходе данной работы были разработаны принципиальная схема (рис. 14) и печатная плата устройства.

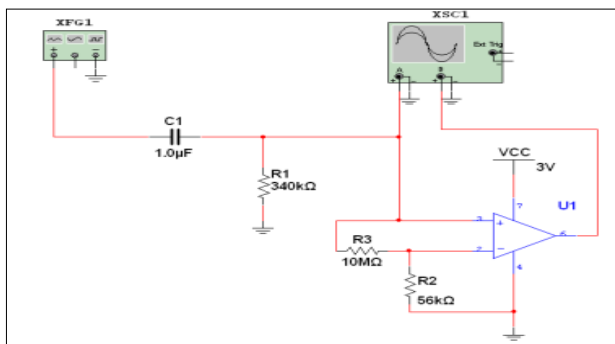


Рис. 11. Связка ФВЧ и неинвертирующего усилителя.

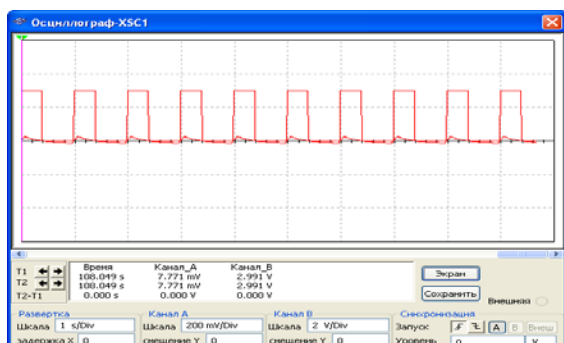


Рис. 12. Осциллограмма сигнала на выходе усилителя.

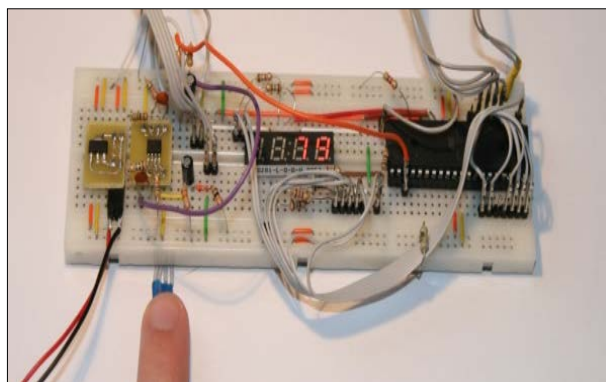


Рис. 13. Тестирование схемы на макетной плате.

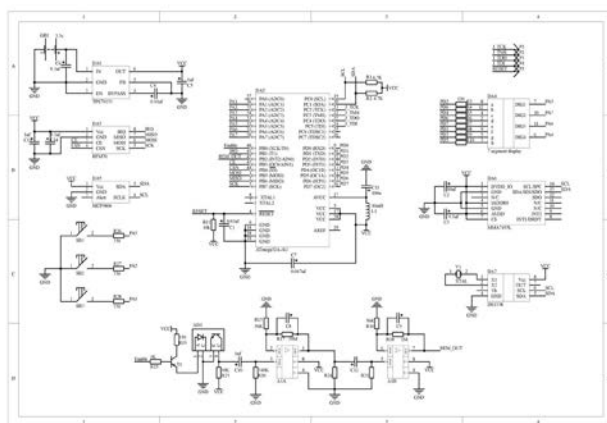


Рис. 14. Принципиальная схема устройства.

В ходе данной работы были рассмотрены физиологические особенности сна человека. Изучены основы проектирования принципиальных схем и печатных плат в САПР Altium Designer. Применено программное обеспечение для моделирования

электрических схем Multisim. Также были изучены принципы работы с микроконтроллерами серии AVR.

Аналоговая и цифровая части устройства были протестированы на макетной плате с использованием современных измерительных приборов. С учетом результатов тестирования был разработан опытный образец устройства.

Встроенный в устройство трансивер позволит в дальнейшем обеспечить взаимодействие с элементами “умного дома” такими, как управляемые жалюзи или кондиционер, чтобы обеспечить максимально комфортное пробуждение человека.

Литература:

1. П. Хоровиц, У. Хилл – Искусство схемотехники. – М: Бином, 2011. – 700с.
2. Ю. А. Шпак – Программирование на языке Си для AVR и PIC микроконтроллеров. – МК-Пресс, 2006. – 402с.
3. Motion-Tolerant Magnetic Earring Sensor and Wireless Earpiece for Wearable Photoplethysmography. – MIT
4. Sokwoo Rhee – Design and analysis of artifact-resistive finger photoplethysmographic sensors for vital sign monitoring. – Massachusetts Institute of Technology, 2000.
5. А. Е. Сабунин – Altium Designer. Новые решения в проектировании электронных устройств. – Солон-Пресс, 2009. – 432с.

Дифракция света на разнопериодных решетках

*БУШУНОВ Андрей Александрович
г. Москва, ГБОУ ЦО №1446, 11 класс*

*Научный руководитель:
Аникьев Анатолий Анатольевич,
д. ф.-м. наук, профессор кафедры
«Оптико-электронные приборы
научных исследований»
МГТУ им. Н.Э. Баумана*

Дифракция – оптическое явление искажения волнового фронта при взаимодействии электромагнитной волны с препятствием, размеры которого меньше или порядка длины волны. В результате искажения, происходит взаимодействие различных участков фронта волны между собой, возникновение интерференции и попадание света в область геометрической тени, что часто интерпретируется как огибание волной препятствий, сравнимых с ее длиной. Данное физическое явление представляет большой интерес как для оптики, так и для расчета взаимодействия элементарных частиц с веществом, при котором микрочастицы проявляют волновые свойства. Явления дифракции световых волн учитываются при расчете формирования изображения оптическими системами, в спектральных приборах, для получения спектров вещества высокого разрешения и в различных оптических приборах для наблюдения за микро- и макромиром. Дифракция света играет

основную роль при расчете разрешения оптических приборов, так как является тем главным механизмом, который ограничивает оптическое разрешение. Целью данной работы является проведение численного эксперимента по расчету и получению амплитуды электрического поля световой волны, распределения интенсивности света при дифракции на разнопериодной решетке.

Дифракция на периодических структурах. Дифракция на периодических структурах отличается от обычной дифракции тем, что дифракционная картина от периодической структуры является результатом наложения дифракции волн на каждой ее части, связанной с отличным от нуля пропусканием света и интерференции волн от всех частей системы, составляющих её период. В данной работе рассмотрена дифракция на решетках, представляющих собой поверхности с периодически расположенными щелями, пропускающими свет, и закрытыми участками, которые свет не пропускают. Эксперимент заключается в использовании вместо обычных решеток с одним периодом, двухпериодных решеток с одним периодом, вложенным в другой. На рисунке 1 показан одномерный аналог такой решетки. Наиболее удобным способом для расчета интерференции представляется метод суммирования амплитуд. Суть его заключается в использовании принципа суперпозиции для сложения амплитуды электромагнитного поля от всех щелей, отличающихся на одно и то же значение фазы за счет разности хода. Именно этим способом

будет рассчитано суммарное распределение интенсивности света при дифракции на решетке.

Дифракция в приближении Френеля. Для описания одномерной дифракции на препятствии используется упрощенная формула Френеля-Кирхгофа. Следует также отметить, что, рассматривая дифракцию на периодической структуре, необходимо взять сумму амплитуды дифракции света на одной щели и суммарную амплитуду при интерференции света между всеми щелями решетки согласно принципу суперпозиции. Итоговое распределение интенсивности находим как половину произведения амплитуды электрического поля электромагнитной волны на комплексно сопряженную ей величину. В данном случае это равносильно возведению в квадрат модуля полученной амплитуды.

Дифракция в приближении Фраунгофера. Дальнейшее упрощение формулы Френеля-Кирхгофа становится возможным, если мы принимаем расстояние между препятствием, на котором происходит дифракция, и экраном, на котором наблюдается дифракционная картина, весьма большим. Полученное нами распределение интенсивности дифракции можно представить в виде:

$$E(f) = (E(f)_2 + E(f)_{1n}) * \frac{e^{\frac{i \cdot N \cdot \Delta}{2}}}{e^{\frac{i \cdot \Delta}{2}}} * \frac{\sin\left(\frac{N \cdot \Delta}{2}\right)}{\sin\left(\frac{\Delta}{2}\right)} \quad (1)$$

Где:

$$E(f)_{1n} = E_0 * \left(\frac{\sin(\alpha)}{\alpha} \right) * \frac{e^{-\frac{i \sin \alpha \delta}{2}}}{e^{-\frac{i \delta}{2}}} * \frac{\sin\left(\frac{n * \delta}{2}\right)}{\sin\left(\frac{\delta}{2}\right)}$$

$$E(f)_2 = E_0 * \frac{\sin(\beta)}{\beta} \quad \frac{\alpha * k * \sin(f)}{2} = \alpha \quad \frac{A * k * \sin(f)}{2} = \beta$$

Формула удовлетворяет решетке, состоящей из N числа больших щелей размером A и с непроницаемой для света частью B, на которой уместается число n малых щелей размером a, меньшим, чем A, и «темных» промежутков размером b, меньшим, чем B.

Расчет разрешения. Разрешение для двухпериодной решетки находится аналогично тому, как и для решеток с одним периодом. Разрешенными в предположении Рэлея считаются две соседние линии, если максимум одной приходится на минимум другой. В случае с двухпериодной решеткой необходимо, чтобы минимумы первого периода приходились на максимумы второго периода и наоборот. Сравнивая полученную формулу для определения разрешения двухпериодной дифракционной решетки с формулой разрешения для обычной решетки находим, что отношение их разрешений остается большим, чем единица в случае, когда число щелей однопериодной решетки не превосходит сумму количества

щелей двухпериодной. Действительно, увеличение разрешения возможно, однако на практике достичь серьезного увеличения разрешения нельзя, так как количество штрихов, которое можно нанести на непрозрачную часть большого периода, ограничено. В результате расчетов удалось показать, что щели в «темной» зоне большого периода не оказывают влияния на распределение максимумов и минимумов в дифракционной картине (при сохранении размера не пропускающей свет части решетки), зато позволяют увеличить интенсивность света в максимумах на несколько порядков. Это способствует более легкому распознаванию сигнала пришедшего от комплексного оптического фильтра.

Графическое представление результатов и анализ полученных графиков. На рисунках 1 и 2, показано поведение дифракционных и интерференционных членов распределения интенсивности света, дифрагировавшего на разнопериодной решетке, полученного в приближении Фраунгофера. В данном случае отчетливо видна роль количества щелей малого периода в изменении дифракционной картины. Добавление щелей в область непрозрачного участка приводит к усилению интенсивности главных и второстепенных максимумов и перераспределению интенсивности дифракции – в «мертвой» зоне для однопериодической решетки появляются резкие пики. На рисунках 3 и 4 можно наблюдать поведение дифракционных и интерференционных членов распределения

интенсивности света, дифрагировавшего на разнопериодной решетке, полученного в приближении Фраунгофера. Тогда рисунок 5 представляет собой графическое отображение математической реализации интенсивности оптического сигнала, промодулированного по амплитуде, частоте и фазе волны с помощью «модулятора» - двухпериодной решетки. Если на совокупность малых щелей подать опорную волну, а на большие щели – сигнал подлежащий обнаружению (расшифровке), то мы будем иметь на выходе свертку из обнаруживаемого и опорного сигналов, которые легко выделяются за счет модуляции сигнала и корреляции между опорным и обнаруживаемым сигналами. Следовательно, мы имеем синтез пространственного оптического фильтра, который за счет интерференции полос, а, следовательно, амплитудной и фазовой модуляции дает увеличение пространственной полосы частот, возможность весьма высокоточного выделения сигнала на фоне помех за счет дифракции первого и второго порядков, интенсивность которых значительно увеличена.

Выводы:

С помощью теоретического расчета удалось определить необходимое для повышения разрешения соотношение числа щелей двухпериодной решетки. Затем, получены аналитически зависимости распределения интенсивности дифракции света на двухпериодной решетке и проведены численные эксперименты в

математическом пакете MathCad по расчету зависимостей интенсивности от угла дифракции. Расчет был проведен в двух приближениях, для того, чтобы охватить все возможные случаи. На основании проведенного исследования можно рекомендовать двухпериодные дифракционные решетки в качестве повышающих разрешение комплексных пространственных оптических фильтров для обнаружения или распознавания сигнала в процессе формирования переданного изображения на фоне помех.

Изображения к работе.

Рис. 1.

График распределения интенсивности по углам дифракции. Параметры решетки: $N=5$, $p=2$, $a=8$ мкм, $b=1$ мкм, $A=10$ мкм. Свет – зеленый, монохроматический, длина волны – 550 нм.

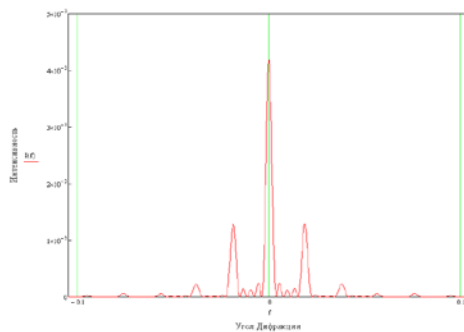


Рис. 2. График распределения интенсивности. Сравниваются обычная и двухпериодная решетки. Параметры двухпериодной решетки: $N=5$, $p=2$, $a=8$ мкм, $b=1$ мкм, $A=10$ мкм. Параметры обычной решетки: $N=5$, $A=10$ мкм, $B=10$ мкм. Свет – зеленый, монохроматический, длина волны – 550 нм. Наблюдается многократное увеличение интенсивности и небольшое - разрешения.

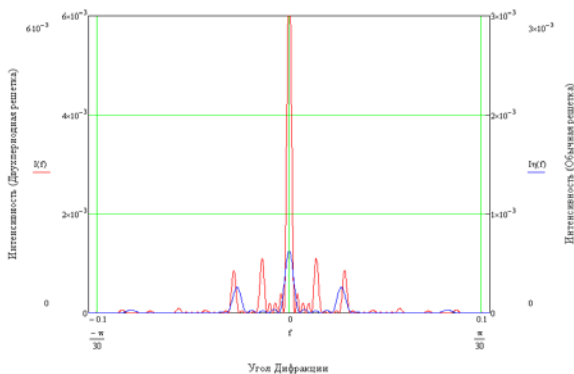
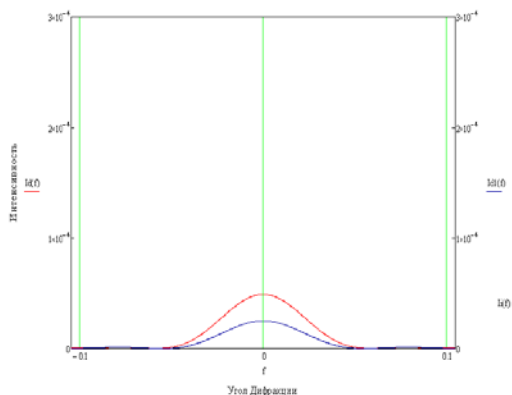
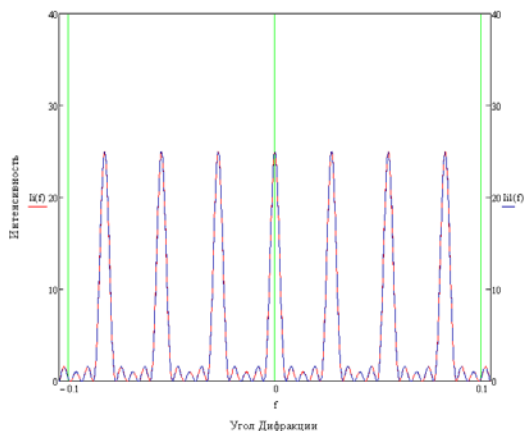


Рис. 3.

Красным отмечено поведение дифракционного члена формулы (1), в зависимости от угла дифракции. Параметры двухпериодной решетки: $N=5$, $p=2$, $a=2$ мкм, $b=2$ мкм, $A=10$ мкм. Синим отмечено поведение дифракционного члена обычной однопериодной решетки. Параметры обычной решетки: $N=5$, $B=(p*a+b*(n+1))=10$ мкм, $A=10$ мкм. Свет – зеленый, монохроматический, длина волны – 550 нм.

**Рис. 4.**

Красным отмечено поведение интерференционного члена формулы (1), в зависимости от угла дифракции. Параметры двухпериодной решетки: $N=5$, $p=2$, $a=2$ мкм, $b=2$ мкм, $A=10$ мкм. Синим отмечено поведение дифракционного члена обычной однопериодной решетки. Параметры обычной решетки: $N=5$, $B=(p*a+b*(n+1))=10$ мкм, $A=10$ мкм. Свет – зеленый, монохроматический, длина волны – 550 нм.



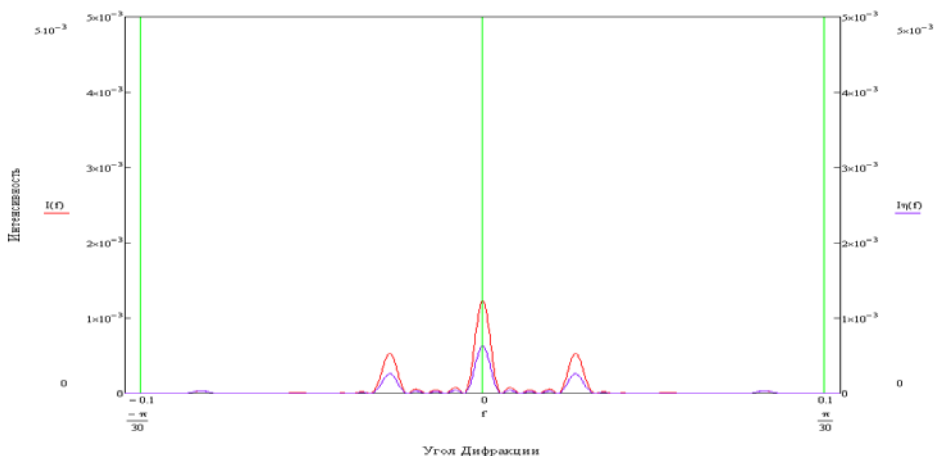


Рис. 5.

Красным задан график распределения интенсивности по углам дифракции двухпериодной решетки, синим - однопериодной. Параметры двухпериодной решетки: $N=5$, $n=2$, $a=2$ мкм, $b=2$ мкм, $A=10$ мкм. Параметры обычной решетки: $N=5$, $B=(n*a+b*(n+1))=10$ мкм, $A=10$ мкм. Свет – зеленый, монохроматический, длина волны – 550 нм. Заметен прирост интенсивности в максимумах при сохранении дифракционной картины.

Литература:

1. Матвеев А.Н. «Оптика: Учебное пособие для студентов физических специальностей ВУЗов», 1985.
2. Ландсберг Г.С. «Оптика. Учебное пособие: для ВУЗов», 2003.

Мультигигабайтный голографический диск с оптической системой памяти

*РУСИНОВА Ксения Эдуардовна
г. Москва, школа №1084, 11 класс*

*Научный руководитель:
Одинокоев Сергей Борисович,
д.т.н., профессор кафедры
«Лазерные и оптико-электронные
системы» МГТУ им. Н.Э. Баумана*

На сегодняшний день человек оперирует колоссальным объемом информации в различных областях своей деятельности, который продолжает непрерывно расти. Вместе с тем растут ежегодно и требования к характеристикам систем хранения информации. Особенно актуальными являются факторы емкости и надежности хранения носителей. Но, к сожалению, одновременно с этим усовершенствование широко известных и используемых на сегодня оптических систем хранения данных достигло физических ограничений, которые ограничивают теоретически достижимые плотности записи информации и, следовательно, объемы записи информации, что является проблемой. Поэтому одним из эффективных путей решения указанной задачи является технология трехмерной оптико-голографической памяти (ОГП) и использование мультигигабайтного голографического диска.

В настоящее время основные усилия разработчиков средств оптической памяти направлены на увеличение плотности и объема

записываемой (хранимой) информации и повышение скорости ее записи (для записываемых и/или перезаписываемых носителей) и считывания. Это возможно с уменьшением длины волны источников излучения для записи и считывания информации, а также с увеличением числовой апертуры оптической схемы. Но это приводит к недопустимой потере качества технологии или к значительному повышению ее стоимости.

Другим же способом решения проблемы увеличения плотности записи и объемов информации является использование объемных регистрирующих сред и уникальных голографических технологий со страничной записью информации.

Оптико-голографическая память - это память, в которой биты закодированы в светочувствительном материале в виде трехмерной интерференционной картины с помощью лазера. В отличие от CD и DVD, которые записывают и считывают данные последовательно бит за битом на их поверхности, голографические диски делают это постранично во времени в трехмерном пространстве (рис. 1). Такой режим может обеспечить большой рывок в объеме хранимой информации и в скорости ее выборки.

В данной системе памяти сигнальный пучок представляет собой планарную решетку (страницу) пикселей, прозрачных или непрозрачных для падающего на них лазерного излучения, который в комбинации с опорным пучком формирует в объемной регистрирующей среде интерференционную картину, то есть

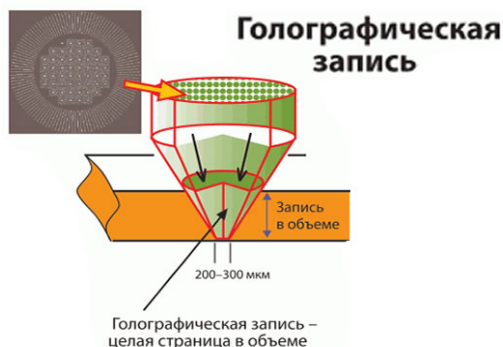


Рис. 1. Общий принцип записи в голографической оптической памяти. информацию. Главной особенностью такой трехмерной (3D) решетки является то, что записанная голографическая информация может быть восстановлена, при условии, что считывающий (референтный) пучок света должен быть по своей пространственной конфигурации тождественен пучку, использовавшемуся при записи голограммы. Для обычных объемных дифракционных решеток должно удовлетворяться Брэгговское условие:

$$\lambda = 2nT \sin \theta \quad (1)$$

где T – есть период решетки, θ - угол между интерферирующими пучками при ее записи и n – показатель преломления среды.

При этом малейшие изменения угла θ могут привести к невозможности воспроизвести информацию. Технология оптико-голографической памяти выглядит следующим образом. Луч одного лазера расщепляется с помощью полупрозрачной оптики на два луча. Один – сигнальный или предметный луч – несет информацию

об объекте, и опорный, выполняющий служебные функции, в частности, для формирования интерференционной структуры в месте расположения светочувствительного слоя (рис. 2.)

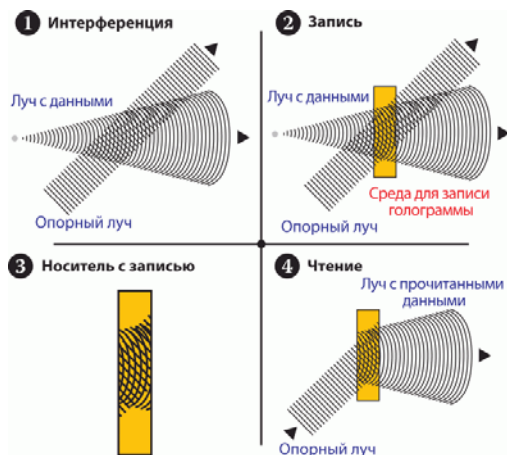


Рис. 2. Принцип записи интерференционной картины на носитель

Кодирование данных в сигнальном потоке осуществляется при помощи так называемого пространственного светового модулятора (SLM), который преобразует данные из двоичного кода, состоящего из нулей и единиц, в оптическую матрицу из светлых и темных пикселей. При пересечении в определенной области пространства эти лучи создают интерференционную картину. Помещая в эту область прозрачный фоточувствительный носитель, мы записываем данную интерференционную картину (голограмму) на носитель – данные будут записаны. Носитель представляет собой пластинку, покрытую фоточувствительным материалом. В местах максимума распределения интенсивности светового поля

происходит фотохимическая или фотофизическая реакция с изотропным или анизотропным изменением показателя преломления и (или) поглощения, в результате чего и осуществляется запись голограммы. Таким образом, в объем фоточувствительной среды можно записать множество голограмм с различными, например, углами между сигнальными и опорными пучками.

Для чтения достаточно осветить носитель опорным лучом. При освещении опорным пучком такого трехмерного голографического носителя информации с множеством голограмм он дифрагирует в основном только на той голограмме, которая формировалась опорным пучком, совпадающим по своим характеристикам с использовавшимся при считывании. В результате на выходе формируется только реконструированный предметный пучок с ранее записанной информацией, которая проецируется на матрицу датчиков, преобразующие световые сигналы в серию электрических сигналов. Выстраивается сохраненный двоичный код, из которого затем формируется изначальная информация.

Оптические схемы для предложенного вида памяти применяют в своей структуре следующие основные компоненты, которые можно увидеть в приведенных ниже рисунках:

- лазер, например, аргоновый, излучающий в сине-зеленой области спектра,

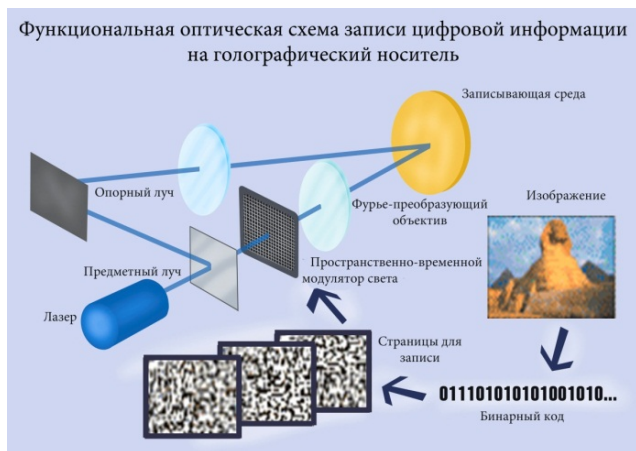


Рис. 4. Функциональная оптическая схема записи цифровой информации на голографический диск



Рис. 5. Функциональная оптическая схема считывания цифровой информации на голографический диск.

- устройство для разделения (beam splitter) и совмещения лазерных пучков,

- зеркальные системы для их взаимной пространственной ориентации,
- пространственно-временной модулятор света (spatial light modulator (SLM)), например, как жидкокристаллический дисплей (LCD),
- систему формирования лазерных пучков,
- фоточувствительные регистрирующие среды типа кристаллов ниобата лития или фотополимеров,
- регистрирующее устройство, например, прибор с зарядовой связью (ПЗС или Charge-coupled device (CCD) камера).

Голографические запоминающие устройства в большинстве своем используют оптические схемы, реализующие преобразование Фурье входного транспаранта, обладающие наибольшей информационной емкостью, а также инвариантность восстановленного изображения к поперечному смещению голограммы, что снижает требования к позиционированию в системе считывания. Процесс формирования Фурье-голограммы происходит следующим образом. Волна проходит через Фурье-анализирующий объектив и формирует следующее распределение интенсивности:

$$I_H(\xi, \eta) = |T(\xi, \eta) + r_0 \exp(-2\pi i x_0 \xi)|^2 = T T^* + r_0^2 + T^* r_0 \exp(-2\pi i x_0 \xi) + T r_0 \exp(2\pi i x_0 \xi) \quad (2)$$

При считывании голограмма, зарегистрировавшая это распределение, освещается опорным пучком и Линза осуществляет

обратное преобразование Фурье и в задней фокальной плоскости формируется распределение света:

$$\omega(x_n, y_n) = t_0 r_0 \delta(x_n - x_0) + t_1 r_0 t[-(x_n - x_0), -y_n] * t^*(x_n - x_0, y_n) + t_1 r_0^3 \delta(x_n - x_0) + t_1 r_0^2 t(x_n - 2x_0, y_n) + t_1 r_0^2 t(-x_n, -y_n), \quad (3)$$

Предпоследний член выражения пропорционален точному изображению входного транспаранта, которое формируется вокруг смещенной точки на транспаранте, а последний член - это точное, но перевернутое изображение входного транспаранта. Оно формируется вокруг оптической оси и имеет минимальные искажения; поэтому именно здесь устанавливается фоторегистратор. Огромное значение в оптико-голографической системе памяти имеет метод мультиплексирования в процессе записи информации на носитель. Мультиплексная запись и считывание информации в системах голографической памяти позволяют эффективнее использовать преимущества ОГП. Согласно ранее указанного Брэгговского условия, одной из ключевых основ любой системы голографической оптической памяти является угол θ , под которым опорный световой пучок падает на регистрирующую среду (при записи и считывании информации) относительно исходного информационного пучка. Этот способ "мультиплексной" записи позволяет существенно увеличить плотность записи, а значит, и потенциальную емкость носителя, изменяя угол θ . Соответственно, кроме перечисленных ранее элементов оптической схемы, в технологии также требуется

достаточно большое наличие подвижных оптических элементов (рис. 6). В двадцатиканальном устройстве используется подвижная головка, предназначенная для поворота сигнального пучка при записи на одном участке, в то время как опорный луч направлен по нормали к записывающей среде, которая в свою очередь представляет собой голографический диск (рис. 7).

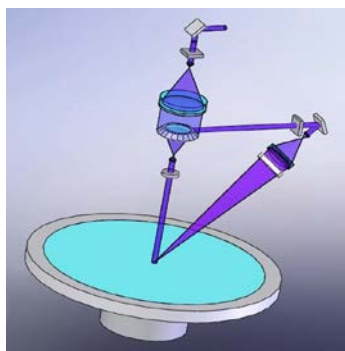


Рис. 6. Конструкция 1-го канала устройства записи.

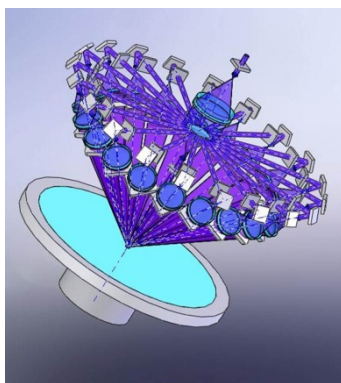


Рис. 7. Конструкция 20-канального устройства записи.

При считывании мы получаем с одного участка среды 20 голограмм.

Возможность мультиплексирования и описанная технология, основанная на этом явлении, позволяют в полной мере использовать преимущества голографии как системы памяти. Можно сделать вывод, что остальные традиционные оптические системы памяти в таком случае сильно уступают оптико-голографической системе.

Кроме того, устройства ОГП обеспечивают высокую защищенность и время хранения информации, а также высокую надежность и помехоустойчивость хранения информации. Поэтому эта технология может активно использоваться в хранении большой по объему архивной информации: космические фотоснимки, медицинские снимки, базы данных государственной информации и т.д.

Литература:

1. Ю.И. Островский «Голография и ее применение», 1973
2. Физическая энциклопедия М.: Советская энциклопедия, 1990, Т.1
3. <http://www.slavich.ru/>
4. http://ru.wikipedia.org/wiki/Holographic_Versatile_Disc
5. <http://www.inphase-technologies.com/>

6. Kevin R. Curtis. Method and apparatus for phase correlation holographic drive. Patent USA № US 7,209,270 B2 of Apr. 24, 2007.
7. «Голографический диск памяти. Устройство записи компьютерно-синтезированных мультиплексных голограмм в системе оптико-голографической памяти»; Патент РФ №112780 от 17.08.2011 положительное решение на выдачу патента РФ по заявке №2012131461/28(049472) от 24.07.2012

Анализ работы систем охлаждения компьютера

*СИНАВЧИАН Владислав Сергеевич
г. Люберцы, МОУ СОШ №25, 11 класс*

*Научный руководитель:
Синавчиан Сергей Нилувич,
к.т.н., доцент кафедры
«Технология приборостроения»
МГТУ им. Н.Э. Баумана*

Работоспособность приборов во многом зависит от внешних условий эксплуатации и внутренних факторов, которые определяются режимом работы радиоэлектронной аппаратуры (РЭА). Рассмотрим влияние температурного фактора на примере зависимости коэффициента режима, учитывающего температурный фактор, от температуры для нескольких видов РЭА, чтобы определить степень его влияния (рис. 1). Электрическую нагрузку взяли равной 0,5А, константы А, В, N_b, G, N_c, T_m, C_t взяты в зависимости от типа РЭА.

Из графика (рис. 1) следует, что наиболее чувствительны к температурным факторам сложные полупроводниковые элементы. В большей части РЭА лишь несколько процентов подводимой мощности расходуется на полезное преобразование сигнала, остальная часть выделяется в виде тепловой энергии. Температурный режим ограничивает степень уменьшения размеров РЭА, приходится предусматривать охлаждение, что приводит к

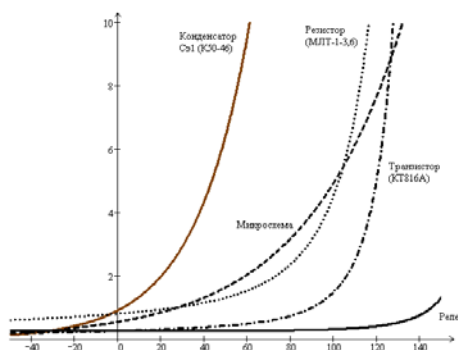


Рис. 1. Влияние температурного фактора.

увеличению веса и габаритов. При изучении теплового режима РЭА применяют приближенные физико-математические методы.

Комплекс мероприятий, направленных на снижение температуры, сложен и требует значительных материальных затрат, поэтому в процессе разработки РЭА необходимо уделять внимание экономически обоснованному решению задачи теплоотвода.

Цель работы – теоретическое и экспериментальное исследование систем охлаждения радиоэлектронной аппаратуры, что позволит осуществить выбор наиболее эффективных современных средств охлаждения для персонального компьютера.

Для исследования систем охлаждения в рамках работы были проведены эксперименты с пятью видами охладительных систем. Каждая из них охлаждала предварительно разогретый в термощкафу образец. В качестве образцов были выбраны металлические квадратные пластины толщиной 10 мм и длиной 65 мм. В

геометрическом центре каждого образца установлен термодатчик, входящий в комплект мультиметра МУ 62 с инструментальной погрешностью 0,5 градуса. Для обеспечения высокой теплопроводности датчик фиксировался в образце при помощи термопасты.

В первом эксперименте исследовались два вида радиаторов. Первый – порошковый, с использованием в качестве испаряющейся жидкости спирта и бензина, второй – стандартный, медный радиатор воздушного охлаждения. Крепление радиаторов к образцу жесткое с использованием термопасты. Медный порошок находится в металлической кюветке. Образцы в термошкафу разогревались до температуры 60 градусов. Затем заливался спирт или бензин. Данные с термодатчиков снимались каждые 15 секунд у обоих образцов с помощью мультиметра МУ-62 и переключающего тумблера, позволяющего снимать данные на одном измерительном приборе, понижая этим инструментальную ошибку.

Во второй части этого эксперимента был исследован бензин в паре с воздушным радиатором. На графиках видно (рис. 2), что скорость остывания у образца, который охлаждался при испарении спирта намного выше, чем у образца при испарении бензина и тем более чем у образца с воздушным радиатором.

В третьей части этого эксперимента проводился тот же опыт, но с использованием кулеров. Форма кривых осталась прежней, однако заметно существенное ускорение теплообменного процесса,

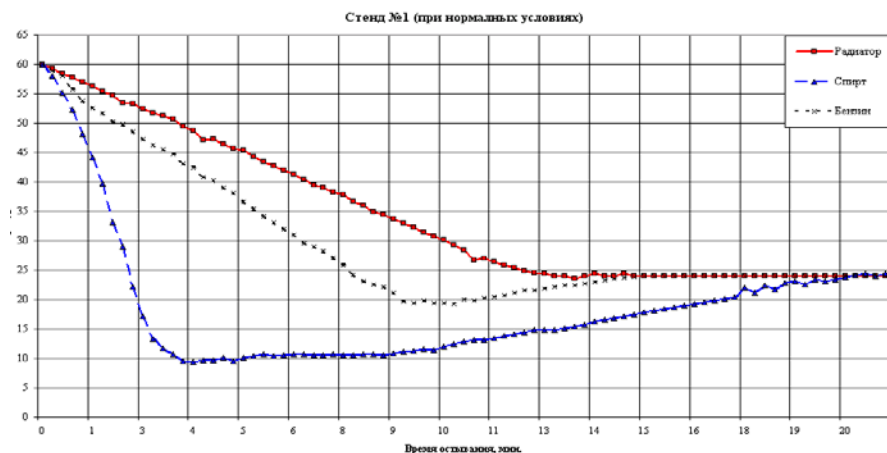


Рис. 2. Графики скорости остывания.

связанного с принудительным переносом тепла от охлаждаемых образцов при помощи вентиляторов (рис. 3).

В рамках проведенной работы, были получены данные о большей эффективности испарительной охлаждающей системы относительно естественно и принудительно - воздушной, а также осуществлен выбор испаряющейся жидкости для незамкнутых систем. Но открытые испарительные системы не являются законченным решением и их применение для ПК невозможно.

В следующих экспериментах использовались эти же образцы, но они подвергались охлаждению с использованием элементов Пельтье. Схема установки приведена на рис. 4 (В – модуль

термоэлектрический, РА – амперметр, PV – вольтметр, G – источник постоянного тока).

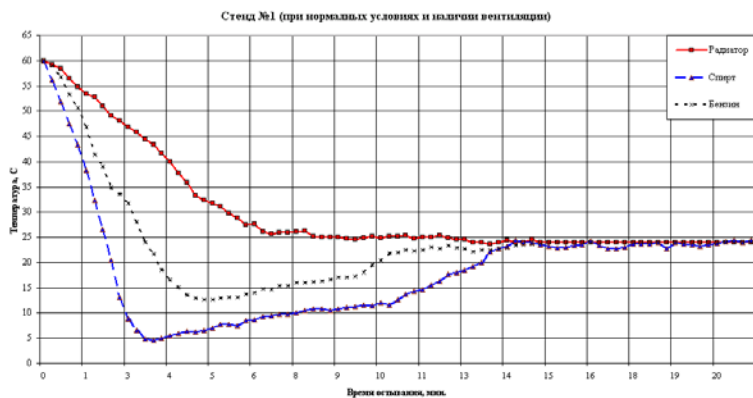


Рис. 3. Графики скорости остывания с применением кулеров.

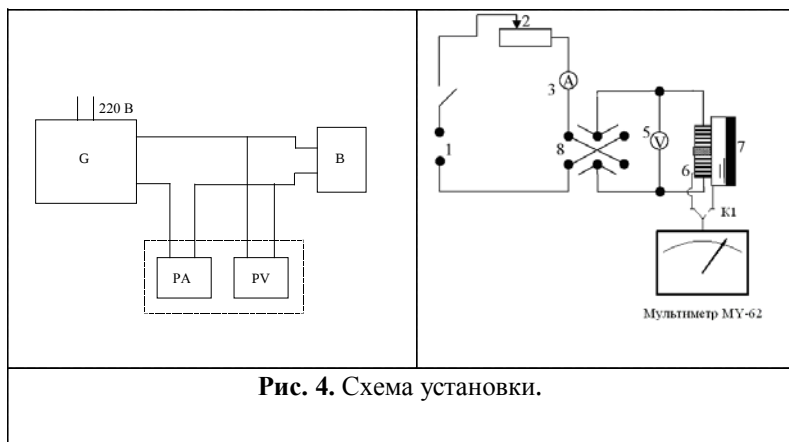


Рис. 4. Схема установки.

Результаты представлены на рис. 5. Это, в первую очередь, зависимость температуры холодной стороны модуля Пельтье от силы проходящего тока при фиксированной температуре охлаждаемой стороны преобразователя.

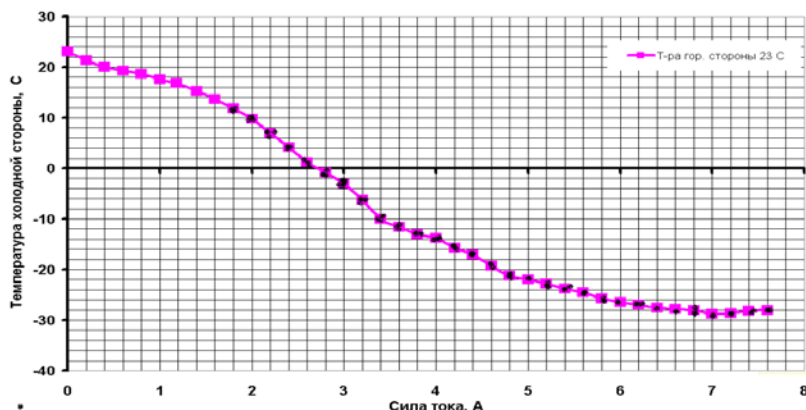


Рис. 5. График скорости охлаждения с использованием элементов Пельтье.

Температура охлаждаемой стороны равна 23 градусам по Цельсию. Однако при достижении холодной стороны модуля температуры в 12 градусов по Цельсию при токе 900 мА наблюдается конденсация влаги. Факт наличия влаги говорит о невозможности использования подобной системы охлаждения в представленном виде для охлаждения элементов ПК.

В рамках экспериментальных исследований было установлено, что при использовании модулей Пельтье при максимально-возможных токах задача охлаждения элементов ПК выполнима. Однако возникает необходимость не только отвода

тепла от их горячей поверхности при помощи жидкостных систем охлаждения, но и удаление конденсата в случае низкотемпературного режима работы элемента РЭА.

На следующем этапе экспериментальных исследований образцы охлаждались жидкостной системой. Полученные данные (рис. 6) подтвердили эффективность системы охлаждения. Шум от кулера радиатора намного меньше, чем у принудительно-воздушной системы охлаждения. Конденсация жидкости, как в экспериментах с элементами Пельтье, отсутствует, но необходимы повышенные требования к монтажу соединительных трубок. Разгерметизации системы охлаждения может привести к выходу ПК из строя.

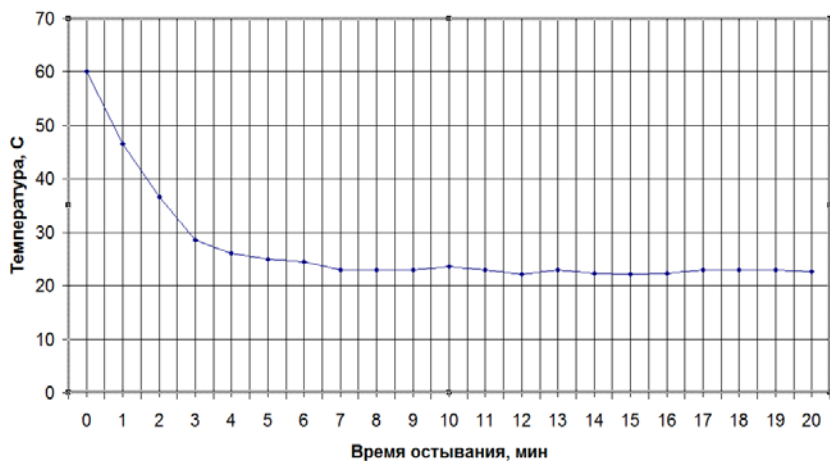


Рис. 6. График скорости охлаждения с использованием жидкостной системы.

В результате проведенного теоретического и экспериментального анализа было установлено следующее: наиболее эффективной системой охлаждения являются термоэлектрические модули. Но низкий КПД пока не позволяют их использовать в бытовой технике, например персональных компьютерах. Применение жидкостной системы охлаждения связано с риском ее разгерметизации, что может привести к выходу из строя РЭА. Ее применение оправдано в мощных быстродействующих системах с применением систем контроля утечки или разгерметизации. Для охлаждения элементов системных блоков домашних персональных компьютеров рационально использовать принудительно-воздушную систему охлаждения. При соблюдении правил монтажа ее эффективность максимальна и является оптимальным решением для поставленной задачи. Однако большой уровень акустического шума может стать причиной отказа от ее широкого применения.

Литература:

1. Ш. Хардер, С. Валев. Статья «В поисках идеального решения: жидкостное охлаждение в современных компактных корпусах высокой мощности», Силовая электроника, №3, 2005г.
2. Дульнев Г.Н. Теплообмен в радиоэлектронных устройствах. Л., 1984.

3. Рудометов В., Рудометов Е., Полупроводниковые холодильники Пельтье. Материалы с сайта <http://www.ixbt.com>.
4. Агапов М.Г., Гальперин Е.И. Основы тепловых расчетов полупроводниковых приборов с радиаторами. В сб. «Полупроводниковые приборы и их применение», М., 1973.
5. Агеев А.П. Радиаторы для полупроводниковых диодов и транзисторов. М. 1984.
6. Элементарный учебник физики. Т.1. под. ред. Г.С. Ландсберга, т. I. М., 1967.

СЕКЦИЯ VI. Биомедицинская техника**Разработка универсальной электродной системы для проведения импедансных измерений**

*ГАВРИЛОВ Гордей Евгеньевич
г. Москва, лицей №1580, 11 класс*

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

Реография. Биполярный и тетраполярный методы получения сигналов. Реография — неинвазивный метод исследования кровоснабжения органов, в основе которого лежит принцип регистрации изменений электрического сопротивления тканей в связи с меняющимся кровенаполнением. Чем больше приток крови к тканям, тем меньше их сопротивление. Для получения реограммы через тело пациента пропускают переменный ток частотой 50 — 100 кГц, малой силы (не более 10 мкА), создаваемый специальным генератором. Для регистрации реограмм используют специальные приборы — реографы, выполненные, как правило, в виде приставок к многоканальным регистрирующим устройствам. Основными элементами реографа любой модификации являются генератор тока высокой частоты (обычно не менее 30 кГц),

подаваемого через токовый электрод к исследуемому участку тела: датчик-преобразователь «импеданс — напряжение», соединяемый с исследуемым участком тела электродом напряжения (потенциальным); детектор; усилитель сигналов датчика-преобразователя; калибрующее устройство с дискретно включаемыми в электрическую цепь стандартными сопротивлениями (0,01; 0,05; 0,1; 0,2 Ом).

В зависимости от конкретной клинической задачи меняется зона исследования и, соответственно, место установки электродов. Поэтому различают реографию легких, сосудов мозга (реоэнцефалография), сосудов конечностей (реовазография) и др. Принципиальной основой метода реографии является зависимость изменений сопротивления от изменений кровенаполнения в изучаемом участке тела человека. Другими словами, изучаются пульсовые колебания электрического сопротивления. При биполярной методике накладывают 2 электрода, каждый из которых одновременно является токовым и измерительным, электроды фиксируют на соответствующем участке тела. При использовании тетраполярной методики участок исследования ограничивают парой измерительных электродов, а возникшее в них напряжение снимают с помощью другой пары электродов, расположенных снаружы по отношению к первой (токовые). Тетраполярная методика более точна, ибо резко (до минимума) снижается влияние контактного сопротивления. Это позволяет с

высокой степенью точности измерить импеданс глубинных тканей. Кроме того, достаточно точно получаемые сведения о базовом импедансе позволяют дать количественную оценку основным гемодинамическим показателям (ударному и минутному объемам кровообращения) [6].

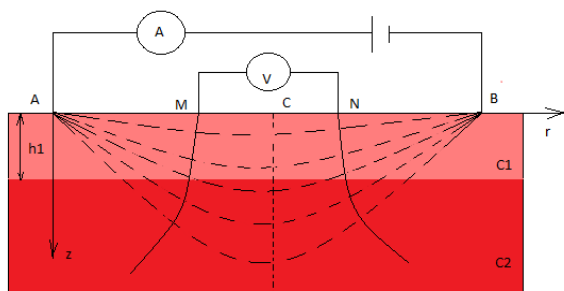


Рис. 1. Схема симметричной тетраполярной электродной установки для вертикального электрического зондирования двухслойной горизонтально-слоистой среды: А и В — токовые электроды, М и N — измерительные электроды, С — центр электродной установки. $AC=a$; $MC=b$.

Конструкторская часть.

Цель работы: разработка универсальной электродной системы для детектирования прекардиальной области реокардиографическим методом. Этот вопрос очень актуален, потому что сейчас для каждого пациента создается индивидуальная

электродная система: у каждого человека свои особенности строения грудной клетки, сердца, расположения сердца, а значит, для каждого человека нужно выставять индивидуальную глубину измерения импеданса.

Описание сборки. Корпус для панели электродов изготовлен из омедненного стеклопластика (рис. 2):



Рис. 2. Корпус сборки.

Разработана автоматизированная система четырех электродов, приводимых в действие электрическими двигателями, которыми можно управлять при помощи панели управления (рис. 2).

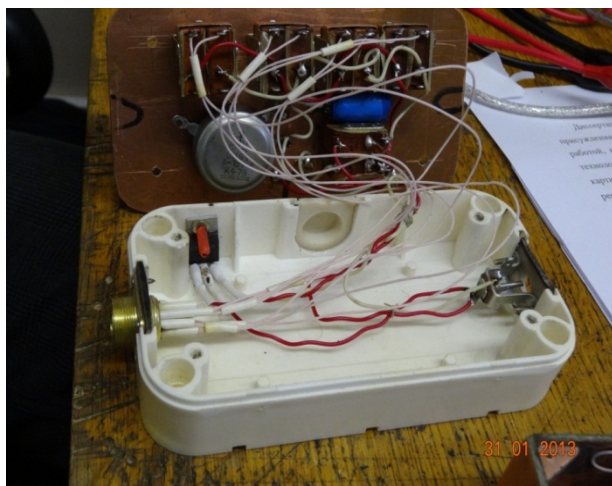


Рис. 2. Корпус схемы управления.

Электрическая схема блока управления универсальной электродной системы (рис. 3).

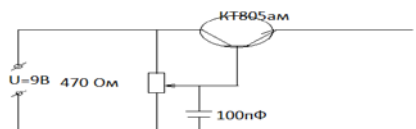


Рис. 3. Электрическая схема управления.

Чтобы обеспечить постоянный контакт между электродом и телом, электрод посажен на демпфер (рис. 4) и таким образом все электроды могут располагаться на разных уровнях.



Рис. 4. Электрод на демпфере.

Вращение двигателей передается на вал, посредством которого перемещаются электроды (рис. 5).



Рис. 5. Электрод, соединенный с двигателем.

Исследовательская часть. Снятие показаний сердца. При помощи установки было снято три реографических показания правого желудочка сердца. Глубина залегания и расположения была определена при помощи снимков МРТ. На пациенте, опираясь на известные данные о положении сердца, был нанесен его контур для удобного ориентирования. Теперь, зная расстояние от верхушки сердца, можно было легко найти необходимый уровень измерения. Для определения положения и глубины залегания правого желудочка необходимо два снимка МРТ (фронтальный вид и разрез). Для хорошей проводимости электроды были смочены физраствором, после чего жестко (во избежание колебаний) фиксировались на пациенте. Реограмма снималась во время непродолжительного выдоха и записывалась на компьютер (рис. 6).

Результатом эксперимента является график зависимости пульсового импеданса от времени в сравнении с ЭКГ.

1. Первое измерение.

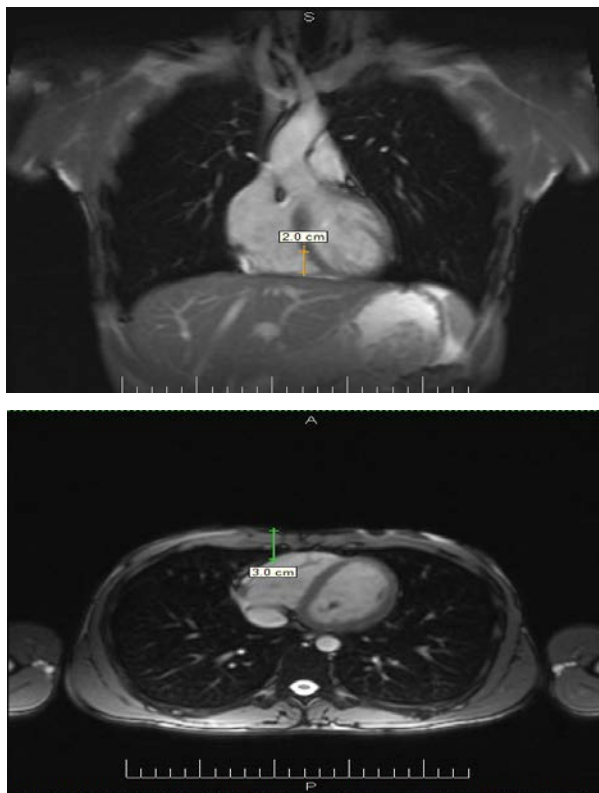


Рис. 6. Снимки МРТ.

При помощи этих двух снимков была определена глубина залегания правого желудочка (3 см) на расстоянии 2 см от верхушки сердца. Была снята реограмма этого участка сердца (рис.7).

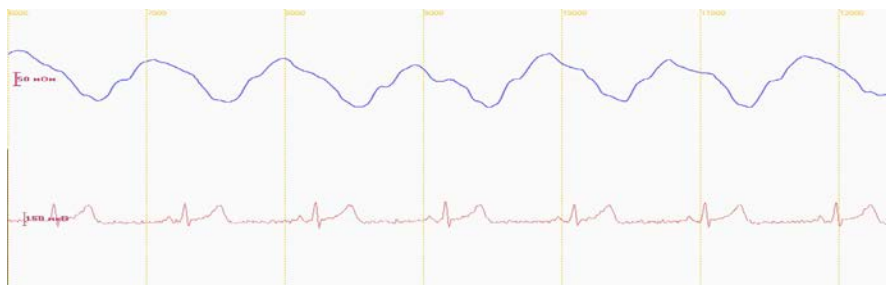


Рис. 7. Реокардиографический сигнал и ЭКГ.

2. Второе измерение.

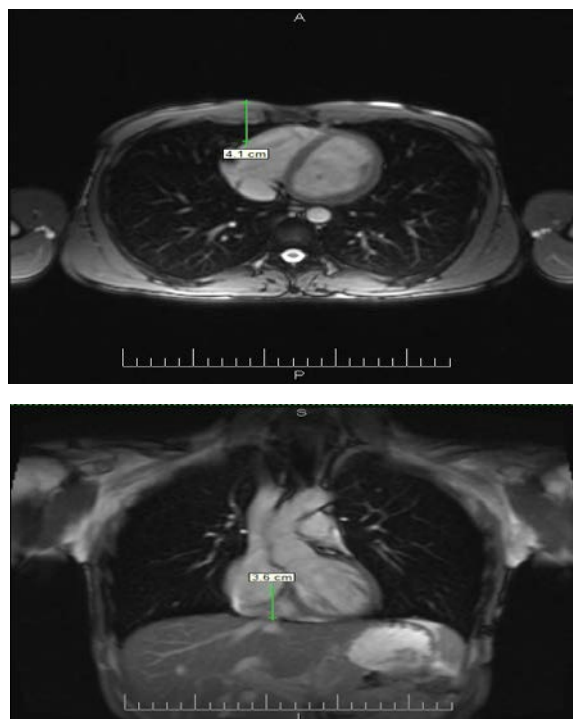


Рис. 8. Снимки МРТ.

Второй участок правого желудочка располагался на расстоянии 3,6 см от верхушки сердца и был на глубине 4,1 см от поверхности. Была снята реограмма этого участка сердца (рис.9).

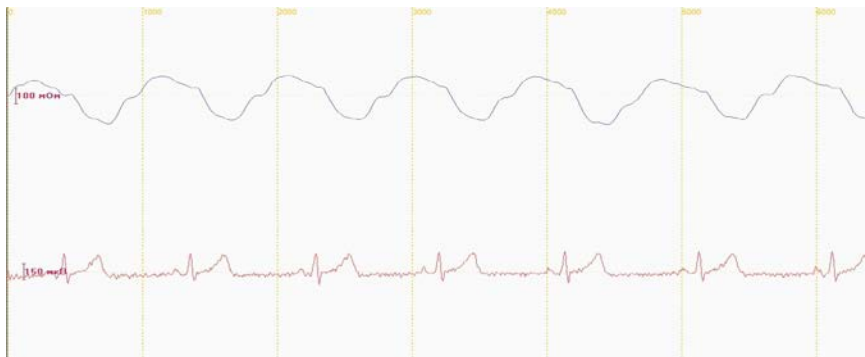


Рис. 9. Реокардиографический сигнал и ЭКГ.

3 Третье измерение.

Третий участок правого желудочка располагался на расстоянии 4,8 см от верхушки сердца и был на глубине 5,2 см от поверхности. Была снята реограмма этого участка сердца (рис. 10, 11).

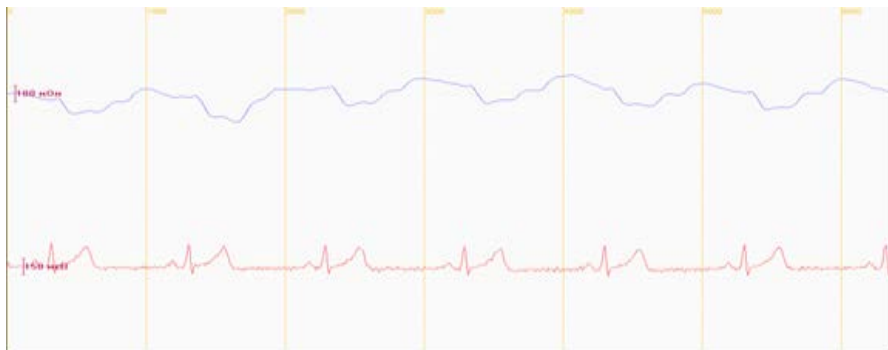


Рис. 10. Реокардиографический сигнал и ЭКГ.

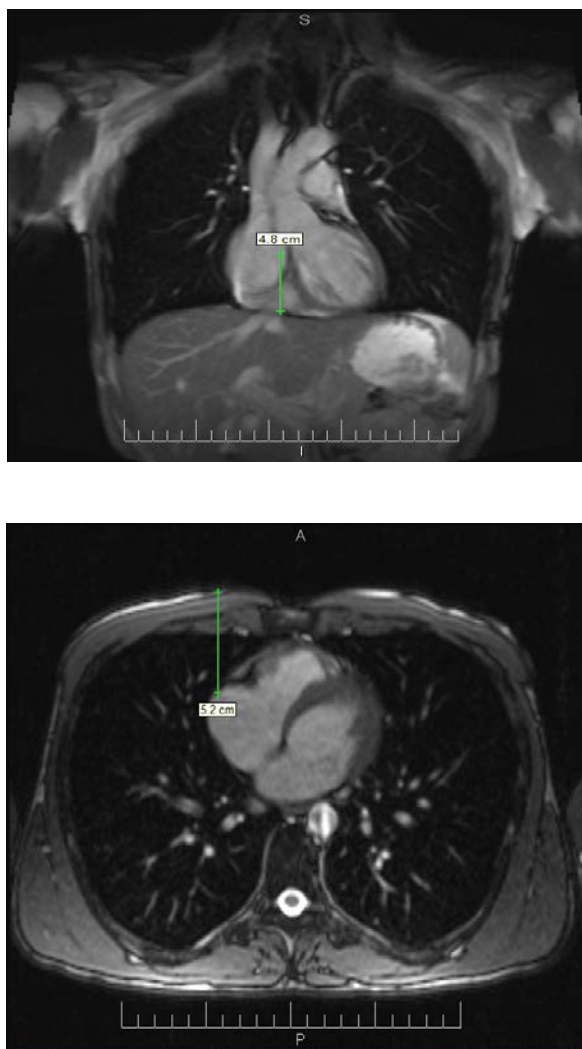


Рис. 11. Снимки МРТ.

Выводы:

В ходе выполнения данного проекта была разработана универсальная электродная система, которая позволяет сократить время процедуры снятия реокардиографических показаний в среднем на 30 мин.

Было установлено, что при изменении расстояния между токовыми электродами меняется глубина зондирующего тока. А при изменении расстояния между измерительными электродами меняется область исследования.

Была проведена оценка несимметричного расположения электродов. В ходе эксперимента полученный сигнал был не периодичен. Данный метод требует дальнейшего более глубокого изучения.

Литература:

1. Щукин С.И., Кирпиченко Ю.Е., Кобелев А.В., Тимохин Д.П. Особенности моделирования биотканей прекардиальной области при оценке параметров центральной гемодинамики. Журнал «Биомедицинская радиоэлектроника». М.: Изд-во Радиотехника, 2010, № 10, С. 4-10
2. Электродвигатель. Википедия. Свободная энциклопедия.
<http://ru.wikipedia.org>
3. Шэньчжэнь Huachuangsheng Micro Motor Co, Ltd.

http://russian.chinadcmotors.com/china-dc_electric_motor_ff_050sk_11170_ff_050sk_09250_ff_050sk_13130_for_electrical_home_appliance-21065.html

4.БИПОЛЯРНЫЙ ТРАНЗИСТОР КТ805АМ/БМ.

<http://lib.chipdip.ru/149/DOC000149176.pdf>

5.Транзистор. Википедия. Свободная энциклопедия

<http://ru.wikipedia.org>

6.Библиогр.: Матвейков Г.П. и Пшоник С.С. Клиническая реография, Минск, 1976

**Исследование биометрической аутентификации по 3D-
изображению лица**

*НОВОКШОНОВ Андрей Александрович
г. Москва, ГОУ лицей №1580, 11 класс*

*Научный руководитель:
Петрук Владимир Игоревич,
младший научный сотрудник
НИИЦ БТ МГТУ им. Н.Э. Баумана*

Введение. Биометрические технологии в настоящее время приобретают все большее значение. Во многих крупных компаниях контрольно-пропускные пункты (КПП) оборудованы различными устройствами распознавания по биометрическим признакам, являющимся индивидуальными для каждого человека (голосу, радужной оболочке глаза, отпечаткам пальцев, строению кисти руки и др.). Верификация с помощью паролей и пластиковых карт весьма ненадежна. Владелец может потерять пластиковую карту или забыть пароль, поэтому верификация человека по его физиологическим признакам, в том числе, по характерным антропометрическим контрольным точкам (КТ) лица, приобретает все большее значение.

Наиболее распространенным видом биометрической верификации является верификация по лицу, преимущество которой заключается в отсутствии контакта с биометрическим

устройством. Любая система биометрической верификации имеет такие характеристики как FAR и FRR. FAR (False Acceptance Rate) – вероятность ложной верификации – представляет собой вероятность идентификации системой нарушителя, как лица, внесенного в разрешительную базу данных (БД). FRR (False Rejection Rate) – вероятность ложного отказа в верификации, т.е. вероятность отказа в доступе лицу, внесенному в разрешительную БД. Поскольку каждый человек обладает множеством индивидуальных особенностей строения и формы лица, то использование биометрической системой большего количества таких особенностей может привести к улучшению качества верификации.

Цель и задачи исследования. Целью настоящей работы является разработка 3D-алгоритма на основе 2D-алгоритма, используемого в криминалистической фото экспертизе [1]. 3D-алгоритм верифицирует человека по трем изображениям лица: анфас и два профиля, а 2D-алгоритм лишь по изображению анфас.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи.

1. Собрать БД, состоящую из изображений лиц нескольких персон. Для каждого человека сделать три фотоснимка лица (анфас, левый и правый профили). Произвести разметку изображений БД путем расстановки на изображениях КТ (см. п.3.).

2. Составить обучающую и тестовую выборки для 3D- и 2D-алгоритмов, обучить и протестировать оба алгоритма.
3. Программно реализовать алгоритмы.
4. Провести сравнительный анализ вероятностных характеристик алгоритмов, в терминах FAR и FRR (см.п.4.).

Сбор базы данных и ее разметка. Для сбора БД были сделаны фотоснимки 20 человек в трех ракурсах (рис. 1). В каждом ракурсе было сделано по 2 фотографии. Первая из них хранится в БД зарегистрированных лиц. С помощью второй имитируется прохождение человека через систему биометрической идентификации (например, на КПП).

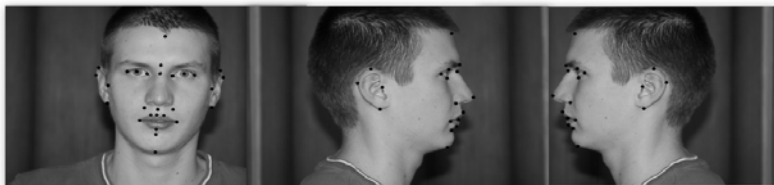


Рис. 1. Пример расстановки КТ на изображениях лица (анфас, правый профиль и левый профиль).

Известны различные антропометрические КТ лица [1]. Эти точки используются в настоящей работе, в связи с тем, что они однозначным образом локализуются на лице, менее всего подвержены возрастным изменениям, не меняют своего

местоположения при наличии маскирующих элементов (макияж, борода и т.д.). На каждом полученном снимке был размечен набор КТ (таблица 1).

Таблица 1. Расположение КТ.

Наименование точки	Месторасположение точки (анфас)	Месторасположение точки (профиль)
Верхне-лобная	Пересечение срединной вертикальной линии с линией, проходящей через нижнюю точку начала роста волоса на лбу	Нижняя точка начала роста волос на лбу
Верхне-носовая	Пересечение срединной вертикальной линии с линией, проведенной через средние точки бровей	Наиболее выступающая точка брови
Внутренняя глазная	Слияние внутренних краев верхнего и нижнего века в области переносья	Верхняя точка века
Глазная	Центр зрачка	Нижняя точка века
Наружная глазная	Слияние внутренних краев верхнего и нижнего века в области висков	Уголок глаза

Наименование точки	Месторасположение точки (анфас)	Месторасположение точки (профиль)
Вспомогательная глазная	Пересечение срединной вертикальной линии с линией, проходящей через наружные глазные точки	Пересечение носа и лба
Нижне-носовая	Пересечение вертикальных касательных к крыльям носа с линией, соединяющей нижние точки слияния крыльев носа с верхней губой	Нижняя точка крыльев носа
Вспомогательная	Пересечение срединной вертикали с линией, соединяющей нижненосовые точки	Наиболее выступающая точка носа
Верхнегубная	Пересечение срединной вертикали с линией, соединяющей верхнегубные точки	-
Верхнегубная (1)	Наиболее выступающие точки (а) каймы верхней губы	
Ротовая	Пересечение срединной вертикали и линии, разделяющей каймы верхней и нижней губ	Точка, разделяющая каймы верхней и нижней губ

Наименование точки	Месторасположение точки (анфас)	Месторасположение точки (профиль)
Нижнегубная	Нижняя точка каймы нижней губы	
Крайнегубная	Края видимой части каемок губ (углы рта)	Уголок рта
Надподбородочная	Пересечение срединной вертикальной линии с горизонтальной бороздкой (складкой) на подбородке	Складка на подбородке
Подподбородочная	Нижняя точка на контуре подбородка	
Верхнеушная	Верх наружного края завитков ушных раковин	
Нижнеушная	Низ мочек ушных раковин	
Крайнеушная	Наиболее удаленные точки наружного контура ушных раковин	
Надкозелковая	Крайняя верхняя точка козелка	

Построение вектора признаков. После разметки изображений рассчитываются соотношения линейных размеров изображений лица анфас и профиль (отношение ширины лица к его высоте и т.п.).

В итоге для каждой тройки изображений одного и того же человека имеется 31 соотношение (11 анфас + 10 левый профиль +

10 правый профиль). Представим соотношения для изображения лица анфас как координаты вектора признаков, состоящего из 11 компонент (2D-алгоритм), а соотношения для всех трех изображений лица как координаты расширенного вектора признаков, состоящего из 31 компоненты (3D-алгоритм).

Построение решающего правила. Для построения решающего правила использовалась обучающая выборка. Объем обучающей и тестовой выборки равен 10 персонам. Обучающая и тестовая выборки не пересекаются.

Обучающая выборка состоит из 10 пар «своих» (результаты сравнения двух векторов признаков одного и того же человека) и 40 пар «чужих» (результаты сравнения векторов признаков двух разных людей). Для сравнения двух векторов используется евклидово расстояние [4]. Очевидно, что с увеличением евклидова расстояния, вероятность того, что оба вектора признаков принадлежат одному и тому же человеку снижается, и наоборот. Для 10 пар «своих» и 40 пар «чужих» вычисляются среднее арифметическое значение и среднеквадратичное отклонение. Расчет производится для пар «своих» и «чужих» отдельно. Рассчитывается пороговое значение верификации:

$$p = \frac{(x_1 + S_1) + (x_2 - S_2)}{2}$$

где p – пороговое значение, x_1, x_2 – средние арифметические для "своих" и "чужих" соответственно, а S_1, S_2 – среднеквадратичные

отклонения. Алгоритм тестируется на выборке, также состоящей из 10 человек. Сравнение производится для всех пар «своих» и «чужих».

Программная реализация алгоритмов. 2D- и 3D-алгоритмы были реализованы на языке программирования Matlab [2]. Для расчета евклидовых расстояний было разработано специальное программное обеспечение (блок-схема представлена рис. 2).

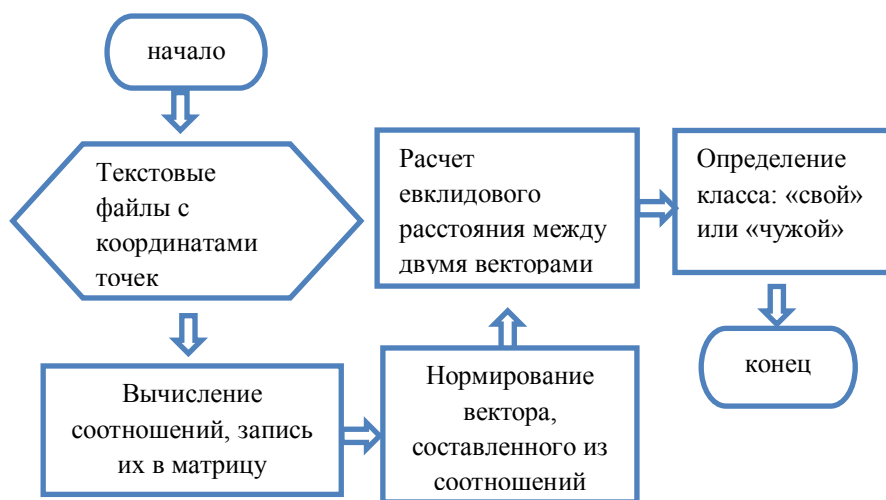


Рис. 2. Блок – схема.

Результаты экспериментов. По результатам эксперимента был произведен расчет FAR и FRR (Таблица 2) [6].

Алгоритмы	2D	3D
FAR , %	12	4
FRR, %	10	20

Таблица 2. Параметры FAR и FRR.

Для сравнения двух алгоритмов следует подобрать пороговое значение так, чтобы их показатели FAR были равны. Пороговое значение определяется методом подбора (Таблица 3).

Алгоритмы	2D	3D
FAR, %	4	4
FRR, %	10	20

Таблица 3. Пороговые значения FAR и FRR.

Результаты экспериментов показали, что 2D-алгоритм дает меньше ошибок при верификации людей, чем 3D-алгоритм. Такие результаты могут быть связаны с тем, что при проведении эксперимента использовались выборки небольшого объёма (например, различие в FRR двух алгоритмов - 10 %, это всего один неверно верифицированный человек в 3D-алгоритме).

Выводы:

1. Результаты экспериментов показывают, что вероятностные характеристики 2D-алгоритма выше, чем вероятностные

характеристики 3D-алгоритма. Эти результаты могут быть связаны с недостаточным объемом выборок.

2. Расширенный вектор признаков не гарантирует уменьшение ошибок при верификации.

3. С целью улучшения вероятностных характеристик 3D-алгоритма представляется целесообразным изменение компонент вектора признаков или увеличение объема БД, и проведение соответствующих статистических исследований.

Литература:

1. Поставнин В.И., Буданов С.А., Черкашина И.И. и др. Применение компьютерных технологий при производстве портретной экспертизы: Методические рекомендации. - М.: ЭКЦ МВД России, 2006. - 24 с., библиограф.
2. Курбатова Е.А. MATLAB 7. Самоучитель. Издательство: Вильямс. 2005г.
3. Вапник В. Н., Червоненкис А. Я. Теория распознавания образов. — М.: Наука, 1974. — 416 с.
4. Шилов Г.Е. Математический анализ. Конечномерные линейные пространства. М.: Наука. - 1969 г. – 429 стр.
5. Татарченко Н. В., Тимошенко С. В. Биометрическая идентификация в интегрированных системах безопасности // Специальная техника. № 2, 2002.
6. Журнал "Системы безопасности" #3, 2009 г.

Научное издание

**Сборник лучших работ
Научно-образовательного соревнования
«Шаг в будущее, Москва»**

Центр довузовской подготовки МГТУ им. Н.Э. Баумана
105005, г. Москва, ул. 2-я Бауманская, д. 5, стр. 1
Тел.: (499) 263-61-39
E-mail: cdp@bmstu.ru

Подписано в печать 04. 08. 2013. Формат 60х84/16.
Усл. печ. л. 18,75.
Тираж 300 экз.

Отпечатано в типографии МГТУ им. Н.Э. Баумана
105005, г. Москва, ул. 2-я Бауманская, д. 5, стр. 1
E-mail: baumanprint@gmail.com