

IT-ТЕХНОЛОГИИ И ЭЛЕКТРОНИКА

- интеллектуальные системы управления
- автоматизированные системы обработки информации и управления
- информационная безопасность
- наноэлектроника
- получение и исследование наноматериалов
- оптоэлектроника и нанофотоника плазменная эмиссионная электроника
- интеллектуальная силовая электроника
- СВЧ электроника
- системы радиолокации, телевидения, радиосвязи, радиометрии и распространения волн радиочастотного и акустического диапазонов
- импульсные и радиочастотные измерения

ОГЛАВЛЕНИЕ

СЕКЦИЯ «IT-ТЕХНОЛОГИИ И ЭЛЕКТРОНИКА»

SPOON FOR PEOPLE WITH HAND TREMOR В.Н. Pavlenko, А.О. Sanarova, А.І. Kuritsyn	9
ПОЛУЧЕНИЕ МИЛЛИСЕКУНДНОГО ЭЛЕКТРОННОГО ПУЧКА В ФОРВАКУУМЕ А.П. Андрейчик, А.В. Казаков, А.В. Медовник	12
СИНТЕЗ ПОКРЫТИЯ НА ОСНОВЕ БОРА В ПУЧКОВОЙ ПЛАЗМЕ С ПРИМЕНЕНИЕМ ФОРВАКУУМНОГО ИСТОЧНИКА ЭЛЕКТРОНОВ З.А. Бадмажапов, А.В. Тюньков, Ю.Г. Юшков	15
СИНТЕЗ ПОКРЫТИЯ НА ОСНОВЕ ОКСИДА ТИТАНА В ПУЧКОВОЙ ГАЗО-МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ПЛАЗМЕ С ПРИМЕНЕНИЕМ ФОРВАКУУМНОГО ИСТОЧНИКА ЭЛЕКТРОНОВ З.А. Бадмажапов, Д.Б. Золотухин, А.В. Тюньков	18
ИЗМЕНЕНИЕ ГЕОМЕТРИИ ПЯТНА УЗКОСФОКУСИРОВАННОГО ЭЛЕКТРОННОГО ПУЧКА ПРИ ОТКЛОНЕНИИ НА ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ ПОВЕРХНОСТИ В ОБЛАСТИ ДАВЛЕНИЙ 10–30 ПАСКАЛЕЙ И.Ю. Бакеев, А.А. Зенин	21
МОДЕЛИРОВАНИЕ СТРУКТУР ГЦК РЕШЕТОК ДЛЯ РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ БЛИЖНЕГО ПОРЯДКА Л.Д. Баркалов, А.А. Белослудцева	24
УСТРОЙСТВО ЭЛЕКТРОСТИМУЛЯЦИИ БЛУЖДАЮЩЕГО НЕРВА А.В. Берестов, А.А. Бомбизов, А.Г. Лоцилов	27
ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ОБНАРУЖЕНИЯ БПЛА ПО ПРИЗНАКАМ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ В ОБЛАСТИ НИЗКИХ ЧАСТОТ А.А. Бомбизов, А.Г. Лоцилов, С.А. Артищев	30
ДУАЛЬНОСТЬ ПРОЦЕССОВ ПЕРЕКЛЮЧЕНИЯ СИЛОВЫХ КЛЮЧЕЙ ПРИ РАБОТЕ НА АКТИВНО-ИНДУКТИВНУЮ И АКТИВНО-ЕМКОСТНУЮ НАГРУЗКИ Д.Б. Бородин	33
ИССЛЕДОВАНИЕ ФОРМИРОВАНИЯ МНОГОЭЛЕМЕНТНЫХ ФОТОННЫХ СТРУКТУР ЗА СЧЕТ ВКЛАДА ПИРОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА В НЕЛИНЕЙНЫЙ ОТКЛИК КРИСТАЛЛА НИОБАТА ЛИТИЯ Б.М. Будаев, А.С. Перин	36
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ГАРМОНИЧЕСКОГО СОСТАВА ГОЛОГРАФИЧЕСКИХ ДИФРАКЦИОННЫХ СТРУКТУР В ФОТОПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛАХ И.А. Викулина, К.О. Гусаченко, А.О. Семкин	39
МЕТОДИКА РАЗРАБОТКИ ИНДУКТОРА ДЛЯ УСТРОЙСТВА ЗАЧИСТКИ В.Е. Вишняков, Д.Б. Бородин, В.А. Кабиров	42
РАЗРАБОТКА АВТОНОМНОГО IOS ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ РАСЧЁТА ПАРАМЕТРОВ ФРЕЗЕРОВАНИЯ ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ФРЕЗ И.А. Гиберт	45
ПРОЕКТИРОВАНИЕ «WHITE LABEL» IPTV ПРИЛОЖЕНИЯ НА ПЛАТФОРМЕ APPLE TV И.А. Гиберт	48
РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ КЮВЕТЫ ДЛЯ ПЛОТТЕРНОЙ СИСТЕМЫ ПЕЧАТИ КОМПОНЕНТОВ ОРГАНИЧЕСКОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ А.Е. Здрок, А.М. Аллануров, А.Г. Лоцилов	51
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ МАЛОСИГНАЛЬНЫХ ЧАСТОТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ШУНТОВОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ НАПРЯЖЕНИЯ В.А. Кабиров	54
ВЫБОР МЕТОДА СЕГМЕНТАЦИИ ДАННЫХ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ АУТЕНТИФИКАЦИИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ КЛАВИАТУРНОГО ПОЧЕРКА М.О. Калмыков, Е.В. Рассказов, И.В. Горбунов	57

РАСПОЗНАВАНИЕ ГОЛОСА В СИСТЕМАХ БЕЗОПАСНОСТИ Н.Я. Корнилов	60
ПРИМЕНЕНИЕ ЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ЗНАНИЙ ДЛЯ КЛАССИФИКАЦИИ ФИЗИЧЕСКОГО ПОВЕДЕНИЯ ОБЪЕКТОВ М.И. Кочергин	63
ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ ТЕРМОСТАТИРОВАННЫМ ИСПАРИТЕЛЕМ Д.В. Краснов, Е.С. Санжиев	66
ПОСТРОЕНИЕ И АНАЛИЗ СВЕРХБОЛЬШИХ СЕМАНТИЧЕСКИХ СЕТЕЙ Т.С. Лебедева, Е.Ю. Костюченко	69
СИСТЕМА ЗАЩИЩЕННОГО УДАЛЕННОГО ДОСТУПА К ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫМ РЕСУРСАМ ФАКУЛЬТЕТА БЕЗОПАСНОСТИ ТУСУР Н.В. Малахов, А.С. Ковтун	72
РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ НЕСКОЛЬКИМИ КВАДРАКОПТЕРАМИ М.И. Мальцев	75
ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ СИМВОЛЬНО–КОНКРЕТНОГО ТЕСТИРОВАНИЯ И МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ОБНАРУЖЕНИЯ УЯЗВИМОСТЕЙ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ А.А. Мещеряков	78
ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОГО АЛГОРИТМА ДЕКОДИРОВАНИЯ ДЛЯ СТАНДАРТА DMR НА ОТЕЧЕСТВЕННОМ СИГНАЛЬНОМ ПРОЦЕССОРЕ 1967ВЦЗТ Ю.О. Мякочин, А.С. Бороздин	81
РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ЗАПИСИ ДАННЫХ, ИСПОЛЬЗУЮЩЕГО СТРАТЕГИЮ ДВУХУРОВНЕВОГО РАЗНОЧАСТОТНОГО КОЛЬЦЕВОГО БУФЕРА Д.В. Нефедов	84
ИССЛЕДОВАНИЕ ФОРМЫ ПРОПЛАВА В КВАРЦЕВОМ СТЕКЛЕ ОТ ПАРАМЕТРОВ ОСТРОСФОКУСИРОВАННОГО ЭЛЕКТРОННОГО ПУЧКА А.А. Зенин, А.С. Климов, А.Н. Николаенко	87
О ПРОБЛЕМАХ ВИЗУАЛИЗАЦИИ РЕЗУЛЬТАТОВ СТАТИСТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ АНКЕТНЫХ ДАННЫХ М.С. Ознобихина, А.Ю. Тимофеева	90
ОСОБЕННОСТИ ЭЛЕКТРОННО–ЛУЧЕВОГО НАПЫЛЕНИЯ КЕРАМИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ В ФОРВАКУУМНОМ ДИАПАЗОНЕ ДАВЛЕНИЙ С.А. Останин, А.С. Климов, А.А. Зенин	93
АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ РАБОЧЕЕ МЕСТО РУКОВОДИТЕЛЯ ОТДЕЛА НИРС Ф.Д. Пираков, А.А. Мытник	96
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ОБЪЕМА ОБУЧАЮЩЕЙ ВЫБОРКИ НА ТОЧНОСТЬ АУТЕНТИФИКАЦИИ ПО КЛАВИАТУРНОМУ ПОЧЕРКУ НА МОБИЛЬНЫХ УСТРОЙСТВАХ Е.В. Рассказов, И.В. Горбунов, М.О. Калмыков	99
ФОРМИРОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО ПОДМНОЖЕСТВА ВХОДНЫХ ПРИЗНАКОВ НЕЧЕТКОГО КЛАССИФИКАТОРА МЕТОДОМ ЧИУ К.С. Сарин	102
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПРОТЯЖЕННОСТИ УСКОРЯЮЩЕГО ПРОМЕЖУТКА НА ПРЕДЕЛЬНЫЕ ТОКИ ФОРВАКУУМНОГО ИМПУЛЬСНОГО ПЛАЗМЕННОГО ИСТОЧНИКА ЭЛЕКТРОНОВ В АТМОСФЕРЕ АРГОНА А.С. Смаилов, А.В. Казаков, А.В. Медовник	105
ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЗМОВ ДЕГРАДАЦИИ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ГЕТЕРОСТРУКТУР НА ОСНОВЕ НИТРИДА ГАЛЛИЯ А.А. Томашевич, С.Л. Аржаков, К.К. Слепцов	108
К ВОПРОСУ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ИСПЫТАНИЙ СИЛОВЫХ КОММУТАЦИОННЫХ GAN ТРАНЗИСТОРОВ А.А. Томашевич, А.Г. Лоцилов, Е.В. Ерофеев	111

СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ УРОВНЕЙ МНОГОФАЗНЫХ ЖИДКОСТЕЙ Е.И. Тренкаль, А.Г. Лоцилов	114
ИССЛЕДОВАНИЕ АЛГОРИТМА ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА КАНАЛА СВЯЗИ СОГЛАСНО СТАНДАРТУ G3-PLC Д.Р. Уразаев, А.Н. Клименко, И.Ю. Поляков	117
СОВРЕМЕННЫЕ ПРОГРАММНЫЕ СРЕДСТВА ОБРАБОТКИ НАВИГАЦИОННЫХ ИЗМЕРЕНИЙ ГЛОНАСС/GPS И ИХ ОСОБЕННОСТИ А.Г. Ханин	120
ЭЛЕКТРОТЕПЛОВАЯ АНАЛОГИЯ ТЕРМОСТАТА ДЛЯ ИГОЛЬЧАТЫХ НАГРЕВАТЕЛЕЙ К.И. Хан	123
РАЗРАБОТКА ИСТОЧНИКА ПИТАНИЯ ДЛЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ШАГОВОГО ДВИГАТЕЛЯ Л.А. Хан, В.А. Сон, А.А. Ким	126
ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ САМООРГАНИЗАЦИИ СЕТИ G3-PLC В СРЕДЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ NS3 П.В. Чеботаев, И.Ю. Поляков, А.Н. Клименко	129
АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ДЛЯ КЛАССИФИКАЦИИ ДАННЫХ ИЗ ДОКУМЕНТОВ XML-ФОРМАТА А.А. Чурилов	132
DEVELOPMENT METHODS AND ORGANIZATION OF WORK OF THE VIRTUAL MUSEUM FOR AN INSTITUTION OF THE KRASNOYARSK TERRITORY S.E. Yulenkov	135

SPOON FOR PEOPLE WITH HAND TREMOR

B.N. Pavlenko, A.O. Sanarova, A.I. Kuritsyn

Scientific supervisor: Assoc. Prof., Ph.D. in Methods of TFL M.V. Kuimova

National Research Tomsk Polytechnic University

Russia, Tomsk, Lenin ave., 30, 634050

E-mail: boris-110896@mail.ru, blackberry719@mail.ru

ЛОЖКА ДЛЯ ЛЮДЕЙ С ТРЕМОРОМ РУК

Б.Н. Павленко, А.О. Санарова, А.И. Курицын

Научный руководитель: доцент, канд. пед. наук М.В. Куимова

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, 634050

E-mail: boris-110896@mail.ru, blackberry719@mail.ru

***Аннотация.** Болезнь Паркинсона вызвана прогрессирующим разрушением и гибелью нейронов, вырабатывающих нейромедиатор дофамин. Из-за этого нарушается регуляция движений и мышечного тонуса, что проявляется характерным тремором, общей скованностью и нарушением позы и движений. Для паркинсонизма характерен тремор, возникающий в покое. Авторы разработали ложку для людей с болезнью Паркинсона, позволяющую держать её содержимое в неподвижном состоянии при воздействии на нее тремором рук.*

Introduction. Throughout the entire world, the number of patients with parkinsonism is 200-300 people per 100 000 people. This disease is characterized by rest tremor (initially and usually of the hands). It greatly complicates the quality of life. People suffering from Parkinson disease are not able to write and set a glass or a spoon to mouth. In our research we developed a spoon for people with hand tremor. The development included the following tasks:

1. analysis of the information on hand tremor;
2. study of the problems associated with taking food for people with hand tremor;
3. development of a functional 3D model of the device;
4. 3D model printing;
5. manual debugging of the details;
6. device assembly.

Research and results. Parkinson's disease is a chronic neurodegenerative disease. It is caused by a progressive loss of specific groups of nerve cells in the brain. It affects muscles and leads to abnormal body movements. The disease also affects the voice, speech, sense of smell and taste. The disease was first described by an English physician James Parkinson in 1817 in his "Essay on the Shaking Palsy". The disease can not be cured by modern medicine; however, the existing methods of conservative and surgical treatment can significantly improve a patient's quality of life and slow the progression of the disease [1].

Parkinsonism is characterized by a tremor that occurs at rest (other types of tremor are rarely possible). Its frequency is 4–6 Hz. It usually begins in the distal (remote from the center) segment of one hand. Tremor

spreads to the opposite arm and legs with disease progression. Multidirectional movements of the thumb and other fingers outwardly resemble the count of coins or rolling of pills. Sometimes there may be head tremor like “yes-yes” or “no-no” and trembling of eyelids, tongue and a lower jaw. In rare cases, it covers the entire body. Tremor increases with anxiety, emotional excitement and subsides during sleep and voluntary movements. Unlike cerebellar tremor that occurs with movements and is absent at rest, patients with Parkinson’s disease have tremor at rest and the tremor decreases or disappears with movements [2].

Treatment of the disease. In addition to medical intervention to solve the problems associated with hand tremor, you can use biotechnical devices that can help people live with this disease. In particular, a spoon that enables people with Parkinson disease to eat without anyone’s help. The device Liftware Spoon attracted our attention because it represents an elegant combination of science and technology in one product. We became interested in developing of our own device capable of suppressing hand tremor [3].

Description of the device that is able to reduce hand tremor. Spoon is a device that allows keeping its contents in a stationary state. The spoon consists of a supporting part where electronic components are attached and a chamber on a ball joint. The motion sensor MPU-6050 (includes an accelerometer and a gyroscope to record hand movements) is connected to the Arduino NANO hardware platform which, in turn, processes the received signals and sends a signal to the servo unit. The device is powered by a Crown battery. The spoon should be light. So it was decided to make a plastic case and arrange all the components as compact as possible. We used a 3D printer to create the details.

Materials and methods for the device creation. To create a 3D model of our device, we chose KOMPAS-3D program due to its simplicity and accessibility. Thus, the hull of the spoon was designed as a 3D model in fig. 1 [4].

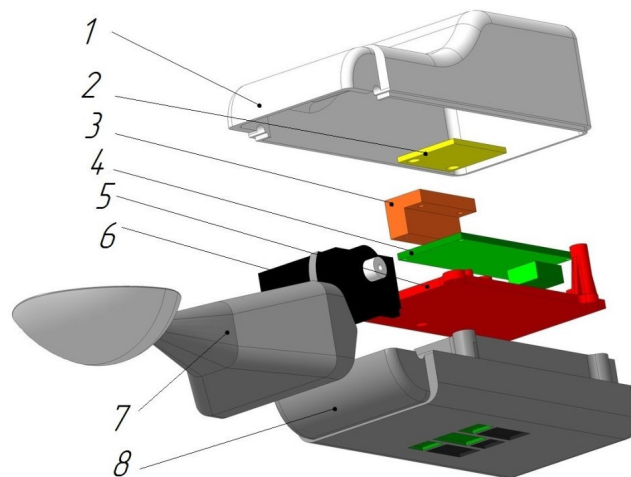


Fig 1. 3D-model of the spoon

The device consists of:

- 1 lower cover;
- 2 motion sensor MPU-6050;
- 3 mounts of the motion sensor;
- 4 arduino NANO;
- 5 battery cover and mounts for Arduino;

- 6 servounit;
- 7 moving part of the spoon;
- 8 upper cover.

Print of the device case and other parts. Having created the 3D model of the device case, we started its printing. We used a professional 3D printer with PLA plastic. The printing took 8 hours. After printing, the parts required a subsequent manual processing. It was necessary to remove the excess plastic which was used as a support for the walls of the parts while printing. After debugging, we assembled the device. The assembling included making holes for the screws to attach the components. Then we soldered the electronic components. The assembled device is shown in fig. 2 and fig. 3. The overall dimensions are shown in table 1.

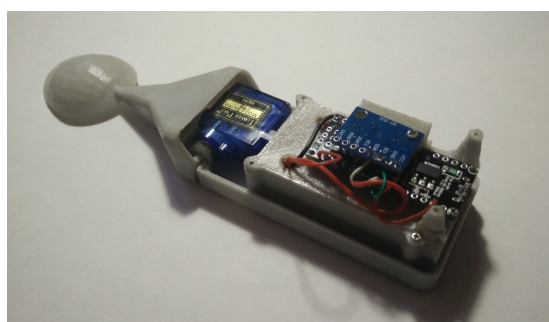


Fig. 2. Assembled device with the removed lower cover. Right view

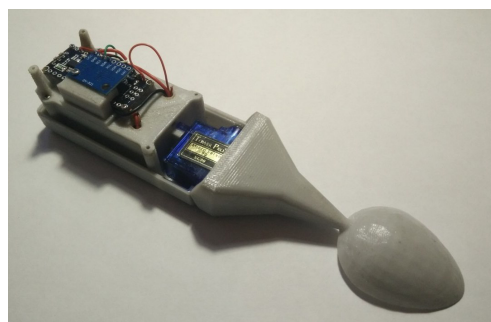


Fig. 3. Assembled device with the removed lower cover. Left view

Table 1

Overall dimensions and weight of the device

Overall dimensions	
Width, mm	40
Height, mm	35
Length, mm	180
Weight, g	≈100

Conclusion. Thus, to create a spoon for people with hand tremor we analyzed the information on causes and consequences of hand tremor, developed the functional scheme of the device and theoretically proved the principle of its stabilizing mechanism. The prime cost of the developed device is low. It is a cheaper analogue of already existing spoons and can easier penetrate the market and bring income.

REFERENCES

1. Neuro Plus. Retrieved March 10, 2017, from <http://www.neuroplus.ru/bolezni/bolezni-parkinsona/prichiny-i-simptomy-bolezni-parkinsona.html>.
2. Medical portal, encyclopedia. Retrieved March 10, 2017, from <http://medportal.ru/enc/neurology/parkinson/>.
3. Center for Patients with Parkinson. Retrieved March 10, 2017, from <http://www.parkinson-help.ru/stati/lozhka-parkinsona/>.
4. 3D modeling system. Retrieved March 10, 2017, from <http://kompass.ru/>.

ПОЛУЧЕНИЕ МИЛЛИСЕКУНДНОГО ЭЛЕКТРОННОГО ПУЧКА В ФОРВАКУУМЕ

А.П. Андрейчик, А.В. Казаков, А.В. Медовник

Научный руководитель: профессор, д.т.н. Е.М. Окс

Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники,

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 40, 634050

E-mail: andreichik94@mail.ru

GENERATION OF THE MILLISECOND ELECTRON BEAM AT FOREVACUUM

A.P. Andreychik, A.V. Kazakov, A.V. Medovnik

Scientific Supervisor: Prof., Dr. E.M. Oks

Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics,

Russia, Tomsk, Lenin str., 40, 634050

E-mail: andreichik94@mail.ru

***Abstract.** The possibility of generation of a quasicontinuous electron beam with pulse duration up to 4.2 ms from arc discharge plasma in the forevacuum pressure range is presented. It is shown, that the voltage-current characteristic of the forevacuum plasma electron source generating millisecond electron beam has a "classical" form for electron sources with a plasma cathode.*

Введение. Электронные пучки получили широкое распространение в различных областях науки и техники благодаря большим технологическим возможностям [1]. Для источников электронов, функционирующих в традиционном диапазоне давлений (10^{-3} – 10^{-1} Pa) существует проблема зарядки при облучении непроводящей мишени. Использование форвакуумных плазменных источников для генерации электронных пучков не накладывает ограничений на номенклатуру обрабатываемых материалов ввиду отсутствия такой проблемы: наряду с металлами возможна эффективная обработка и диэлектриков, среди которых различные виды керамик [2] и полимеров [3]. Зарядовая компенсация обеспечивается ионами пучковой плазмы, образуемой электронным пучком на пути его распространения, и ионами несамостоятельного разряда между мишенью и стенками вакуумной камеры [4] – в совокупности это снимает необходимость привлечения дополнительного оборудования. В тоже время существует необходимость получения «длинных» импульсов, связанная с реализацией режимов, представляющих интерес для ряда технологических процессов – там, где возможен и/или требуется переход к моноимпульсному воздействию на объект. Ранее полученных длительностей импульса 1 мс [5] и 1,8 мс [6], недостаточно для отдельных применений моноимпульсной обработки больших поверхностей и материалов с очень высокими температурами плавления. Таким образом, целью настоящей работы является получение электронных пучков длительностью единицы миллисекунд в форвакуумном диапазоне давлений.

Схема и методика проведения эксперимента. Для генерации электронного пучка использовался форвакуумный плазменный источник электронов, конструкция, характеристики и параметры которого подробно изложены в [5]. Он состоял из медного стержневого катода 1, заключенного в трубчатый керамический изолятор 2, и полого цилиндрического анода 3. В противоположном катоду основании

анода выполнено эмиссионное окно, перекрытое мелкоструктурной сеткой 4. Зажигание дугового разряда осуществлялось вспомогательным разрядом по поверхности диэлектрика между катодом 1 и поджигающим электродом 5. Импульсное напряжение подавалось генератором поджигающего импульса 6. Горение основного дугового разряда обеспечивал блок питания разряда 7.

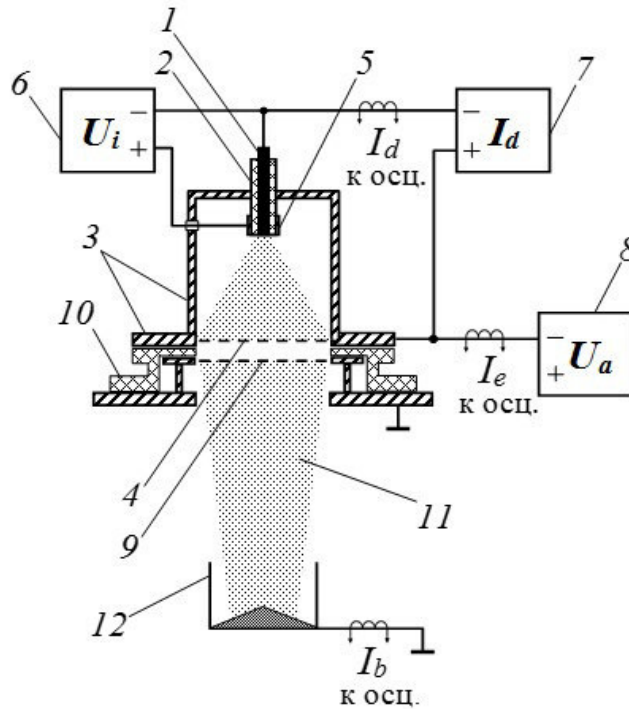


Рис. 1. Схема форвакуумного плазменного импульсного источника электронов и схема измерений:
 1 – катод; 2 – анод; 3 – керамический изолятор; 4 – эмиссионный электрод; 5 – поджигающий электрод
 (триггер); 6 – генератор поджигающих импульсов; 7 – блок питания разряда; 8 – блок питания
 ускоряющего промежутка; 9 – экстрактор; 10 – капролоновый изолятор; 11 – пучок; 12 – цилиндр
 Фарадея

Постоянное ускоряющее напряжение, формируемое блоком питания 8, подавалось между анодом и экстрактором 9. Для электрического разделения электродов ускоряющего промежутка использовался капролоновый изолятор 10.

Токи I_d разряда, I_e эмиссии регистрировались с помощью установленных в соответствующих цепях поясов Роговского, сигналы с которых подавались на осциллограф. Ток I_b электронного пучка 11 регистрировался цилиндром Фарадея 12 и поясом Роговского. Давление p регулировалось непосредственной подачей рабочего газа (воздуха) в вакуумную камеру.

Результаты эксперимента. Типичные осциллограммы импульсов токов разряда I_d , эмиссии I_e и пучка I_b представлены на рис. 2. Значения эмиссионного тока в представленных на рис. 3 вольтамперных характеристиках источника усреднены по импульсу. ВАХ имеют «классический» вид, характерный для источников с плазменным катодом [7]. Повышение давления газа при неизменном токе разряда приводит к увеличению тока эмиссии. Характер ВАХ источника при этом не изменяется.

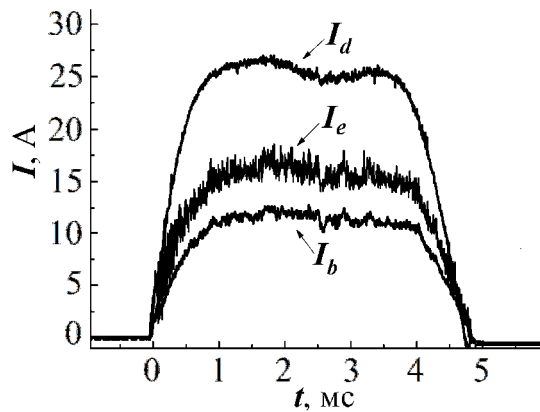


Рис. 2 Типичные осциллограммы импульсов токов I_d разряда, I_e эмиссии и пучка I_b при $U_a = 7$ кВ и $p = 3$ Па

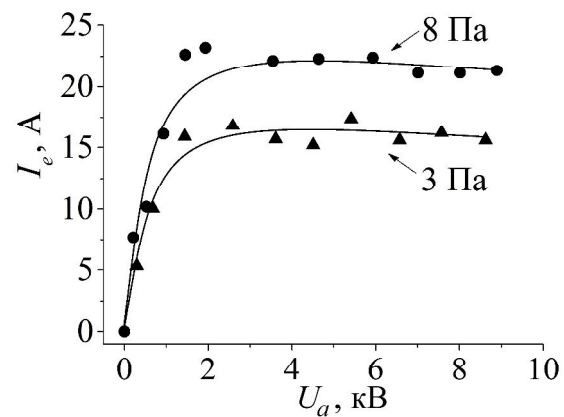


Рис. 3 Вольтамперные характеристики источника для различных давлений p газа при $I_d = 26$ А

Заключение. Впервые продемонстрирована возможность получения квазинепрерывного пучка электронов длительностью импульса 4,2 мс (по полувысоте) из плазмы дугового разряда с катодным пятном в форвакуумном диапазоне давлений. В дальнейшем планируются детальные исследования такого рода пучков, направленные на выявление особенностей их генерации и транспортировки. Это позволит успешно применять миллисекундные электронные пучки для моноимпульсной обработки материалов, расширив, таким образом, сферу применений электронно-лучевых технологий.

Работа поддержана грантом РФФИ № 16-48-700487 р_а и грантом Президента Российской Федерации МК-2703.2017.8.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Современные тенденции модифицирования структуры и свойств материалов / Под общ. ред. Н.Н. Коваля и В.Е. Громова – Томск: Изд-во НТЛ, 2015. – 380 с.
2. Бурдовицин В.А. Структура поверхности алюмооксидной керамики при облучении импульсным электронным пучком / В.А. Бурдовицин, Э.С. Двилис, А.В. Медовник, Е.М. Окс, О.Л. Хасанов, Ю.Г. Юшков // Журнал технической физики. – 2013. – Т. 83, № 1. – С. 117–120.
3. Казаков А.В. Модификация поверхности полимерных материалов импульсным электронным пучком / А.В. Казаков и [др.] // Доклады ТУСУРа. – 2013. – № 4 (30). – С. 75–78.
4. Бурдовицин В.А. Потенциал диэлектрической мишени при ее облучении импульсным электронным пучком в форвакуумной области давлений / В.А. Бурдовицин, А.В. Медовник, Е.М. Окс, Е.В. Скоров, Ю.Г. Юшков // Журнал технической физики. – 2012. – Т. 82, № 10. – С. 103–108.
5. Казаков А.В. Форвакуумный импульсный плазменный источник электронов на основе дугового разряда / А.В. Казаков, В.А. Бурдовицин, А.В. Медовник, Е.М. Окс // ПТЭ. – 2013. – № 6. – С. 50–53.
6. Burdovitsin V.A. Generation of Quasi-Stationary Broad Pulsed Electron Beam by the Forevacuum Plasma Source Based on the Arc Discharge / V.A. Burdovitsin, A.V. Kazakov, A.V. Medovnik, E.M. Oks // Proc. 27th Internat. Symp. on Discharges and Electrical Insulation in Vacuum, China, 2016. – V. 2. – p. 754–757.
7. Крейнделъ Ю.Е. Плазменные источники электронов. – М.: Атомиздат, 1977. – 144 с.

**СИНТЕЗ ПОКРЫТИЯ НА ОСНОВЕ БОРА В ПУЧКОВОЙ ПЛАЗМЕ С ПРИМЕНЕНИЕМ
ФОРВАКУУМНОГО ИСТОЧНИКА ЭЛЕКТРОНОВ**

З.А. Бадмажапов, А.В. Тюньков, Ю.Г. Юшков

Научный руководитель: доцент, к.т.н. А.В. Тюньков

Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники,

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 40, 634050

E-mail: andrew71@sibmail.com

**SYNTHESIS OF BORON COATING IN BEAM PLASMA USING FORE-VACUUM PLASMA-
CATHODE ELECTRON SOURCE**

Z.A. Badmazhapov, A.V. Tyunkov, Yu.G. Yushkov

Scientific Supervisor: Assist. Prof., Ph.D. A.V. Tyunkov

Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics,

Russia, Tomsk, Lenin str., 40, 634050

E-mail: andrew71@sibmail.com

***Abstract.** Article presents the results on deposition of boron-containing coating on Ti substrate. The synthesis of the coating took place in plasma produced by electron beam in fore-vacuum (1–100 Pa) pressure range, during evaporation of boron followed by ionization of boron particles by the same electron beam. We show the results of study of coatings surface.*

Введение. Одной из актуальных задач современного материаловедения является продление службы различных инструментов и узлов механизмов, которые должны обладать высокими значениями твердости, механической прочностью и износостойкостью. Решением такой задачи может выступать формирование различных покрытий на поверхностях изделий. На сегодняшний день существует множество способов получения износостойких покрытий [1–2]. Одним из альтернативных методов формирования покрытий в настоящее время является электронно-лучевой синтез пленок в пучковой плазме, которая создается при транспортировке электронного пучка в атмосфере газа при повышенных (форвакуумный диапазон) давлениях (1–100 Па.). Преимуществом такого метода, несомненно, является то, что в форвакуумном диапазоне давлений не нужно предпринимать каких-либо мер для нейтрализации электрического заряда на поверхности распыляемой мишени, поскольку заряд при таких давлениях успешно компенсируется ионами, из плазмы, создаваемой при транспортировке электронного пучка в вакуумной камере. Это открывает возможность непосредственной электронно-лучевой обработки диэлектрических материалов [3] и делает привлекательным использование плазменного электронного источника в форвакуумной области давлений для осуществления электронно-лучевого испарения бора. Поскольку такой процесс требует повышенного давления газа, то сочетание электронно-лучевого испарения бора с ионизацией пучком паров испаряемого материала и молекул остаточной атмосферы, содержащей химически активные кислород и азот, обеспечивает возможность синтеза борсодержащих покрытий различного функционального назначения.

Методика проведения эксперимента. В экспериментах использовался форвакуумный плазменный источник электронов на основе разряда с полым катодом функционирующий в постоянном режиме, конструкция и особенности работы которого представлены в [4]. Схема экспериментальной установки для синтеза борсодержащих покрытий представлена на рис. 1.

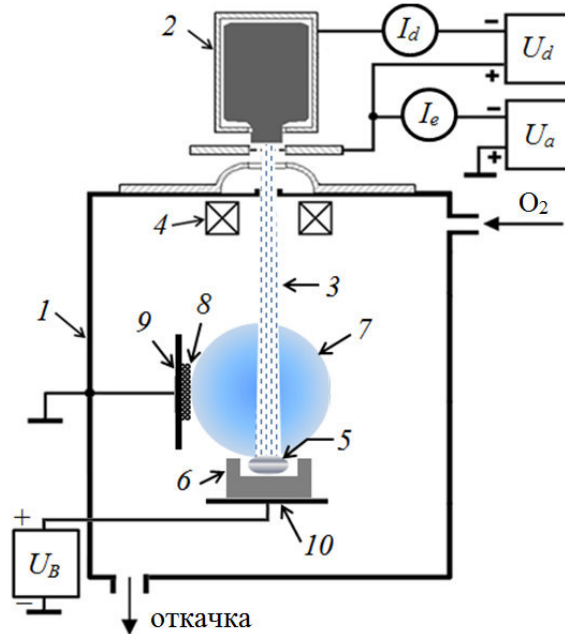


Рис. 1. Схема эксперимента: 1 – вакуумная камера, 2 – форвакуумный плазменный источник электронов, 3 – электронный пучок, 4 – система фокусировки, 5 – мишень из бора, 6 – танталовый тигель, 7 – плазма, 8 – титановый образец, 9 – держатель образца, 10 – коллектор

После откачки вакуумной камеры до предельного давления в 1 Па, напускался гелий до давления порядка 8 Па. Фокусировка электронного пучка производилась с помощью фокусирующей системы до диаметра менее 5 мм. Электронный пучок фокусировался на образце из чистого бора (99,9%), который помещался на тигле из тантала. С одной стороны электронный пучок испарял мишень из бора и одновременно ионизовал его испаренные атомы, в процессе чего формировалась борсодержащая пучковая плазма, которая в свою очередь использовалась для осаждения покрытия. На рис. 2 представлена фотография покрытия и 3D профиль.

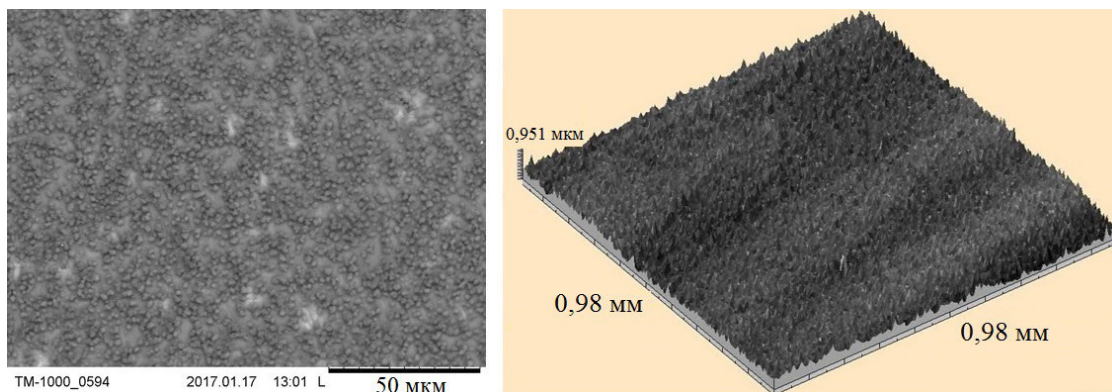


Рис. 2. Фотография поверхности покрытия на основе бора (слева) и снимок профиля (справа)

Результаты работы и их обсуждение. Фотографии поверхности покрытий получены сканирующим электронным микроскопом Hitachi TM-1000. Профиль поверхности получен трехмерным бесконтактным профилометром (Micro Measure 3D Station). Из профиля поверхности видно, что шероховатость покрытия лежит в пределах до 1 мкм.

На рис. 3 представлен график зависимости микротвердости по глубине полученного образца.

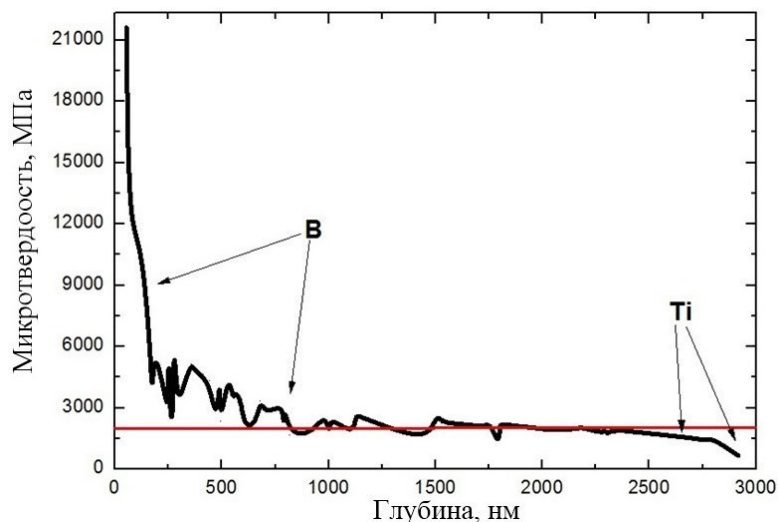


Рис. 3. Микротвердость образца по глубине

Как видно из графика после напыления борсодержащего покрытия микротвердость исходного образца увеличилась более чем в 8 раз, так же по графику можно оценить толщину покрытия, которая составляет более 2 мкм. Учитывая, что процесс напыления длился 1 минуту можно сделать вывод о высокой эффективности напыления покрытий электронно-лучевым методом.

Заключение. Результаты проведенных исследований показали принципиальную возможность генерирования борсодержащей плазмы форвакуумным электронным источником и ее использования для получения покрытий на основе бора. Обнаружено значительное (порядка 8 раз) возрастание микротвердости образца вследствие нанесения на его поверхность борсодержащего покрытия.

Работа была поддержана грантом РФФИ 16-38-60059 Мол_а_дк.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лабунец В.Ф. Износостойкие боридные покрытия. – Киев: Техника, 1989. – 158 с.
2. Williams J.M. Boron cathodic arc as an ion source for shallow junction ion implantation of boron / J.M. Williams, C.C. Kleppe, D.J. Chivers, R.C. Hazelton, J.J. Moschella // J. Vac. Sci. Technol. B. – 2008. – V. 26. – No. 1. – P. 368–372.
3. Burdovitsin V.A. Potential of a dielectric target during its irradiation by a pulsed electron beam in the forevacuum pressure / V.A. Burdovitsin, A.V. Medovnik, E.M. Oks, E.V. Skrobov, Y.G. Yushkov // Technical Physics. – 2012. – V. 57. – No. 10. – P. 1424–1429.
4. Окс Е.М., Бурдовицин В.А., Климов А.С., Медовник А.В., Юшков Ю.Г. Форвакуумные плазменные источники электронов. – Томск: Издательство ТУСУР, 2014. – 283 с.

**СИНТЕЗ ПОКРЫТИЯ НА ОСНОВЕ ОКСИДА ТИТАНА В ПУЧКОВОЙ ГАЗО-
МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ПЛАЗМЕ С ПРИМЕНЕНИЕМ ФОРВАКУУМНОГО ИСТОЧНИКА
ЭЛЕКТРОНОВ**

З.А. Бадмажапов, Д.Б. Золотухин, А.В. Тюньков

Научный руководитель: доцент, к.т.н. А.В. Тюньков

Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники,

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 40, 634050

E-mail: andrew71@sibmail.com

**SYNTHESIS OF TITANIUM OXIDE-BASED COATING IN BEAM GAS-METAL PLASMA USING
FORE-VACUUM PLASMA-CATHODE ELECTRON SOURCE**

Z.A. Badmazhapov, D.B. Zolotukhin, A.V. Tyunkov

Scientific Supervisor: As. Prof., Dr. A.V. Tyunkov

Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics,

Russia, Tomsk, Lenin str., 40, 634050

E-mail: andrew71@sibmail.com

***Abstract.** We present the results on deposition of titanium oxide based coating on the surface of stainless steel. Gas-metal plasma was generated as a result of Ti e-beam evaporation using fore-vacuum electron source in oxygen atmosphere at pressure of 10 Pa. Elemental analysis demonstrates the presence of Ti and O atoms in the coating.*

Введение. Газо-металлическая плазма представляет собой плазму, содержащую в себе ионы газовой и металлической компоненты с регулируемым соотношением. Растущий интерес к такой плазме обусловлен возможностью ее использования для осаждения нитридных или оксидных покрытий и синтеза комплексных композитных структур. Ранее в работах [1–4] были показаны преимущества форвакуумных плазменных источников электронов для различных применений, в том числе для генерации газо-металлической плазмы [5]. Целью настоящей работы была демонстрация возможности упомянутой методики для получения покрытий на основе оксида титана.

Методика эксперимента и результаты. Схема эксперимента приведена на рис. 1.

Вакуумная камера откачивалась форвакуумным насосом до предельного давления 1 Па. Напуском кислорода устанавливалось рабочее давление в 10 Па. Электронный пучок фокусировался до диаметра 5 мм на титановой мишени, расположенной в графитовом тигле на коллекторе. Пучок нагревал, плавил и испарял титановую мишень, и ионизировал испаренные атомы металла вместе с молекулами напускаемого газа, тем самым формируя пучковую газо-металлическую плазму в области, прилегающей к подложке. Эта плазма использовалась для осаждения покрытия на подложке из нержавеющей стали площадью 1,5×1,5 см². Образец располагался в 4 см от оси пучка и в 2 см выше уровня мишени перпендикулярно ее поверхности. Длительность осаждения регистрировалась с момента визуального наблюдения начала плавления мишени, и составляла 5 мин. Энергия ионов, бомбардирующих образец,

контролировалась напряжением смещения в 30 В, приложенным к коллектору пучка. Элементный состав осажденного покрытия исследовался сканирующим электронным микроскопом Hitachi TM-1000.

Результат исследования приведен на рис. 2.

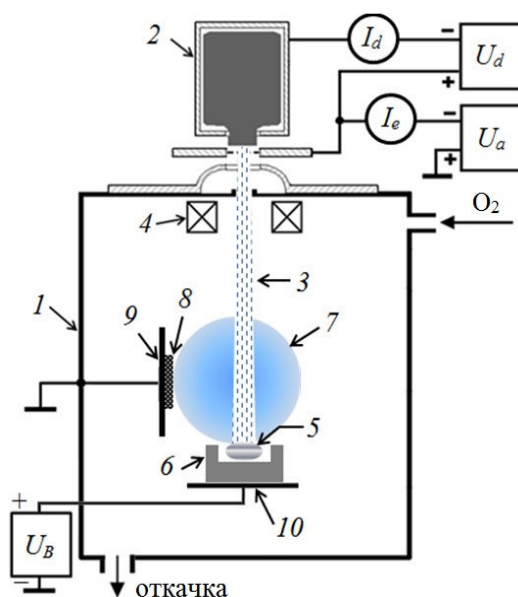


Рис. 1. Схема эксперимента: 1 – вакуумная камера, 2 – источник электронов, 3 – электронный пучок, 4 – система фокусировки, 5 – титановая мишень, 6 – графитовый тигель, 7 – газо-металлическая плазма, 8 – подложка, 9 – держатель образца, 10 – коллектор

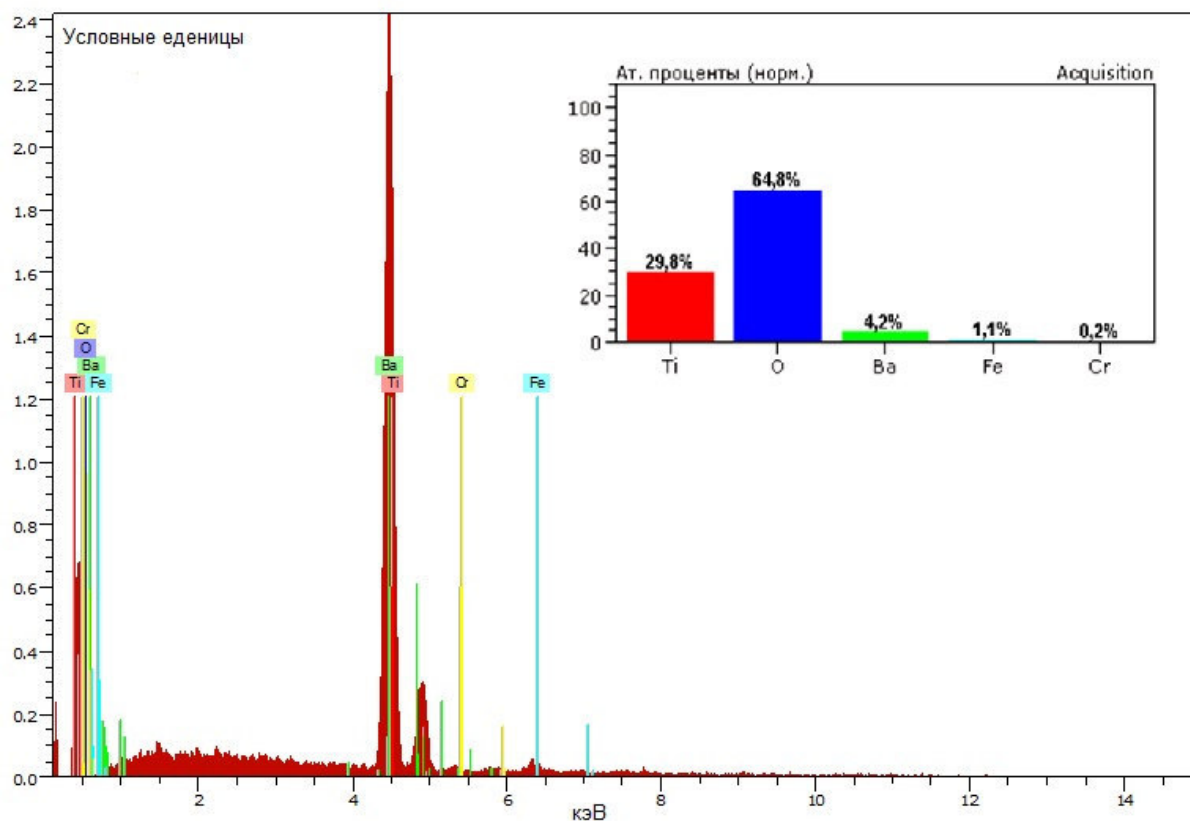


Рис. 2. Элементный состав покрытия, осажденного газо-металлической плазмы

Элементный состав на рис. 2 демонстрирует присутствие в составе осажденного покрытия атомов как испаряемого металла – титана (29,8%), так и атомов напускаемого рабочего газа – кислорода (64,8%), причем, из того, что концентрация атомов кислорода примерно в два раза превышает концентрацию атомов титана, следует вывод о том, что осажденное покрытие, скорее всего, представляет собой четырехвалентный оксид титана (TiO_2). Следовое присутствие других компонентов (атомов железа, бария, хрома), скорее всего, обусловлено изначальным присутствием этих элементов в составе материала подложки – нержавеющей стали.

Заключение. Таким образом, продемонстрирована возможность применения форвакуумного плазменного источника электронов для осаждения покрытия на основе оксида титана из газо-металлической пучковой плазмы в форвакууме.

Работа поддержана грантом РФФИ №16-38-60059 мол_а_дк.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Zolotukhin D.B. Generation of a beam plasma by a forevacuum electron source in a space bounded by dielectric walls / D.B. Zolotukhin, V.A. Burdovitsin, E.M. Oks // Tech. Phys. Russ. J. Appl. Phys. – 2015. – V. 60. – No. 5. – P. 772–777.
2. Золотухин Д.Б. Моделирование методом Монте-Карло упругого и неупругого рассеяния электронного пучка в газе / Д.Б. Золотухин, В.А. Бурдовицин // Доклады ТУСУР. – 2012. – Т. 26. – № 2. – С. 55–58.
3. Золотухин Д.Б. Мониторинг масс-зарядового состава пучковой плазмы при давлении до 10 Па / Д.Б. Золотухин, А.С. Климов, К.П. Савкин, А.В. Тюньков, Ю.Г. Юшков // Известия вузов. Физика. – 2015. – Т. 58. – № 9/3. – С. 106–109.
4. Тюньков А.В. Генерация ионов магния в пучковой плазме форвакуумного электронного источника / А.В. Тюньков, Ю.Г. Юшков, Д.Б. Золотухин, К.П. Савкин // Доклады ТУСУР. – 2014. – Т. 34. – № 4. – С. 60–62.
5. Tyunkov A.V. Generation of metal ions in the beam plasma produced by a forevacuum-pressure electron beam source / A.V. Tyunkov, Yu.G. Yushkov, D.B. Zolotukhin, K.P. Savkin, A.S. Klimov // Phys. Plasmas. – 2014. – V.21. – No. 12. – P. 123115.

**ИЗМЕНЕНИЕ ГЕОМЕТРИИ ПЯТНА УЗКОСФОКУСИРОВАННОГО ЭЛЕКТРОННОГО ПУЧКА
ПРИ ОТКЛОНЕНИИ НА ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ ПОВЕРХНОСТИ В ОБЛАСТИ
ДАВЛЕНИЙ 10–30 ПАСКАЛЕЙ**

И.Ю. Бакеев, А.А. Зенин

Научный руководитель: профессор, д.т.н. Е.М. Окс

Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники,

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 40, 634050

E-mail: bakeeviyu@mail.ru

**CHANGES IN THE SPOT SHAPE OF A SMALL-RADIUS ELECTRON BEAM DURING DEVIATION
ON A HORIZONTAL SURFACE IN THE PRESSURE RANGE OF 10–30 PASCALES**

I.Yu. Bakeev, A.A. Zenin

Scientific Supervisor: Prof., Dr. E.M. Oks

Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics,

Russia, Tomsk, Lenin str., 40, 634050

E-mail: bakeeviyu@mail.ru

***Abstract.** The results of investigation about electron beam size changes during deviation of the beam on a horizontal surface in the pressure range of 10–30 Pa are presented. It is shown, that the size of the beam on longitudinal projection of the deviation increases monotonically, on the perpendicular - the beam size remains unchanged. Influence of helium pressure in the range of 10–30 Pa on the beam diameter is not depended.*

Введение. Для термической обработки металлов, в частности, резки, пайки, фрезерования широкое применение в настоящее время находят источники электронных пучков [1]. Подобные операции возможны и над диэлектриками, благодаря способности форвакуумных источников электронов [2] компенсировать накапливаемый на диэлектрических поверхностях отрицательный заряд. Причем достигнутые к настоящему моменту значения минимального диаметра пучка 0,6 мм и уровня плотности мощности 10^5 Вт/см² [3] являются достаточными для прецизионной обработки высокотемпературных марок керамики.

Изменение местоположения воздействия электронного пучка в ходе прецизионной обработки может осуществляться как перемещением обрабатываемой детали, так и отклонением самого электронного пучка, либо комбинацией данных способов. Очевидно, что способ отклонения электронного пучка является наиболее простым и точным, и в ряде технологических операций, не требующих воздействия пучка на большой глубине, он является более приемлемым.

Все же, к настоящему времени работы по изучению поведения размеров пятна электронного пучка при его отклонении на горизонтальной поверхности в форвакуумной области давлений отсутствуют. Таким образом, целью данной работы являлось изучение поведения изменения формы пятна узкофокусированного пучка, генерируемого форвакуумным плазменным источником электронов, при его отклонении на горизонтальной поверхности при давлениях 10–30 Па форвакуумного диапазона.

Схема и методика проведения эксперимента. Измерение диаметра пучка осуществлялось методом «отклонения» [4]: при помощи магнитной отклоняющей системы электронный пучок 1, генерируемый форвакуумным плазменным источником 2, принцип которого подробно изложен в [2], разворачивался в прямую линию 3, перпендикулярную двум протяженным измерительным щелям 4 (рис. 1,а). Таким образом, часть электронов при пересечении пучком обеих щелей попадала на коллектор 5, токовый сигнал которого представлен на рис. 1,б. Диаметр пучка d принималась величина равная отношению произведения расстояния между щелями L на ширину одного пика на полувысоте τ к расстоянию между пиками T .

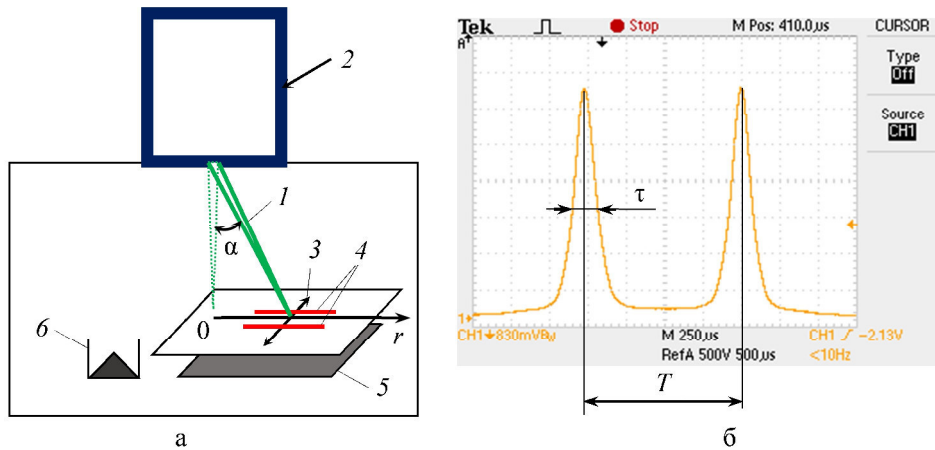


Рис. 1. Схема и методика проведения эксперимента (а) и характерный токовый сигнал коллектора для определения диаметра пучка (б): 1 – электронный пучок; 2 – форвакуумный электронный источник; 3 – направление развертки электронного луча; 4 – измерительные щели; 5 – коллектор для системы измерения диаметра пучка; 6 – токоприемный коллектор; τ – ширина пика на полувысоте; T – расстояние между центрами двух пиков

Для измерения продольного отклонению размера пучка на удалении от центрального положения перемещался как пучок, так и система измерения, в направлении r продольном измерительным щелям, как показано на рис. 1,а. При измерении поперечного отклонению размера пучка ориентация измерительных щелей 4 и направление развертки луча 3 изменялись на перпендикулярные исходным. Ток пучка оценивался при отведении пучка на отдельно стоящий токоприемный коллектор 6. Все измерения проводились при следующих параметрах: ускоряющее напряжение $U_a = 16$ кВ; ток пучка $I_b = 5$ мА.

Результаты эксперимента. Зависимости диаметра пучка для двух проекций от угла отклонения, отсчитываемого от центрального положения, при различных давлениях газа в камере представлены на рис. 2.

Как видно из данных результатов, при увеличении угла отклонения поперечный отклонению размер пучка не изменяется в пределах погрешности в то время, как продольный отклонению размер монотонно растет. В частности, при угле отклонения 22 градуса продольный отклонению размер пучка превышает поперечный практически в два раза. Так как пятно электронного пучка при отклонении приобретает эллипсоидную форму, при увеличении размера пучка по одной координате в два раза, площадь пятна пучка возрастает, а, следовательно, плотность мощности уменьшается, так же в два раза.

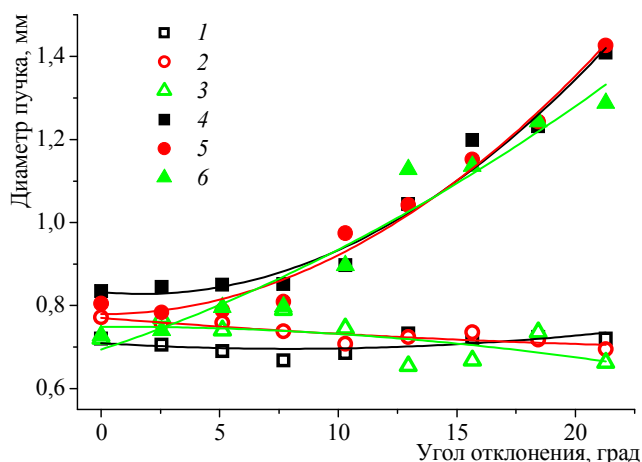


Рис. 2. Зависимости диаметра пучка от угла отклонения при различных давлениях газа: 1, 4 – $P = 30$ Па; 2, 5 – $P = 20$ Па; 3, 6 – $P = 10$ Па; 1, 2, 3 – поперечная отклонению проекция; 4, 5, 6 – продольная отклонению проекция

При этом стоит отметить, что допустимый угол отклонения, в пределах которого изменение величины диаметра пучка не превышает погрешности 10 %, составляет 7,5 градусов, что при исследуемом расстоянии между отклоняющей системой и плоскостью измерения 22,5 см соответствует линейному отклонению пучка в исследуемой плоскости на 3 см от центрального положения.

Несмотря на широкий диапазон давлений, влияние давления гелия на размеры пучка не существенно, что может быть обусловлено его малым сечением рассеяния.

Заключение. Показаны результаты исследования изменения размеров электронного пучка при отклонении на горизонтальной поверхности при давлениях 10–30 Па. Показано, что при отклонении пучка монотонно растет размер в продольной отклонению проекции, в перпендикулярной – размер пучка остается неизменным. Допустимое расхождение размеров пучка (не более 10 %) находится в пределах 7,5 градусов. Влияния давления гелия в диапазоне 10–30 Па на диаметр пучка не обнаружено.

Работа поддержана грантом РФФИ № 17-08-00239.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алехнович В.Н. Электронно-лучевая обработка материалов / В.Н. Алехнович, А.В. Алифанов, А.И. Гордиенко, И.Л. Поболь. – Минск: Белорусская наука, 2006. – 319 с.
2. Бурдовицин В.А. Форвакуумные плазменные источники электронов / В.А. Бурдовицин, А.С. Климов, А.В. Медовник, Е.М. Окс, Ю.Г. Юшков. – Томск: Изд-во Томского университета, 2014. – 288 с.
3. Зенин А.А. Особенности фокусировки электронного пучка плазменного источника в форвакуумном диапазоне давлений / А.А. Зенин, И.Ю. Бакеев, Ю.А. Бурачевский, А.С. Климов, Е.М. Окс // Письма в ЖТФ. – 2016. – Т. 42, Вып. 13. – С. 104–110.
4. Корнилов С.Ю. О параметрах электронного пучка пушки с плазменным эмиттером / С.Ю. Корнилов, Н.Г. Ремпе, А. Beniyash, N. Murray, T. Hassel, C. Ribton // Письма в ЖТФ. – 2013. – Т. 39, Вып. 19. – С. 1–8.

**МОДЕЛИРОВАНИЕ СТРУКТУР ГЦК РЕШЕТОК ДЛЯ РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ БЛИЖНЕГО
ПОРЯДКА**

Л.Д. Баркалов, А.А. Белослудцева

Научные руководители: к. ф.-м. н. Н.Г. Бобенко, к. ф.-м. н. А.Н. Пономарёв

Томский университет систем управления и радиоэлектроники,

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 40, 634050

E-mail: krakozabrik@yandex.ru

**MODELING OF STRUCTURES FCC LATTICES FOR CALCULATING THE SHORT RANGE
ORDER PARAMETERS**

L.D. Barkalov, A.A. Belosludtseva

Scientific Supervisor: PhD N.G. Bobenko, PhD A.N. Ponomarev

Tomsk University of Control System and Radioelectronics, Russia, Tomsk, Lenin str., 40, 634050

E-mail: krakozabrik@yandex.ru

***Abstract.** Program that allows to calculate the parameters of short-range order of the bcc, fcc and simple cubic lattices has been developed. The verification program was carried for the two structures ($TiAl_3$ and Cu_3Au). The values of the short-range order parameters for the first two coordination spheres agree with the theoretically expected values, and at the same time are different for the two studied structures. Also, the influence on the value of short range order parameters with the appearance in an ideal material short-range ordering structure was investigated. It is shown that only a change in position from 2 to 6 atoms of 108 reduces the modulus values of short range order parameters for the first and second coordination spheres at preservation its sign. This confirms that the short-range order parameter values determined by the relative location of the atoms in the structure, rather than their concentration.*

Введение. Параметр ближнего порядка определяется различными видами взаимного упорядочения в расположении атомов разного сорта на малых расстояниях. Экспериментальные и теоретические исследования, впервые проведенные еще в 1950х годах на поли- и монокристаллах Вильчинским и Каули [1,2], доказали существование ближнеупорядоченных структур в металлических сплавах и обнаружили зависимость физических свойств материалов от параметров ближнего порядка, на примере электросопротивления, эффекта Холла и ряда других. Авторы связывают такое влияние с тем, что ближний порядок приводит к изменению времени релаксации, концентрации электронов вблизи уровня Ферми, и т.д. С появлением новых наноматериалов изучение изменения параметров ближнего порядка, а, следовательно, и физических свойств кристаллических и аморфных структур при структурных перестройках является актуальным в настоящее время.

Существует ряд методик расчета параметров ближнего порядка для различных структур с автоматизированными или экспериментальными расчетами параметров ближнего порядка для двух- и трехмерных структур [3,4]. Однако, для метода, описанного в [5], который применяется в ряде практических работ [6] автоматизации расчетов до настоящего момента предложено не было. В

настоящей работе была разработана программа, позволяющая рассчитать значения параметров ближнего порядка для различных ГЦК структур согласно [5].

Материалы и методы исследования. Выражение для расчета параметра ближнего порядка в неупорядоченном твердом растворе для i -ой координационной сферы имеет вид [1]:

$$\alpha_i = 1 - \frac{p_i^{AB}}{c_B} \quad (1)$$

где p_i^{AB} - вероятность нахождения атома B на i -ой сфере около атома A , находящегося в начале координат, усредненная по всем атомам i -ой координационной сферы, c_B - концентрация атомов сорта B .

В (1) вероятность нахождения атома B на i -ой сфере около атома A описывалось выражением:

$$p_i^{AB} = \frac{N_{AB}}{N_{AB} + N_{AA} + N_{BB}} \quad (2)$$

Здесь N_{AB}, N_{AA}, N_{BB} число пар соответствующих атомов во всем кристалле. При моделировании, атомы, составляющие наибольшую концентрацию, считались атомами типа A , остальные атомы – типом B .

Основой логики программы являлось моделирование трехмерной кристаллической решетки с возможностью задания взаимного расположения атомов и их типа в ГЦК структуре. Моделировалась замкнутая кристаллическая система, в которой путем обхода всех атомов велся поиск и расчет необходимых величин для получения значения параметров ближнего порядка по (1). На первом этапе производился последовательный поиск наименьших следующих расстояний, определяемых заранее заданными структурированными векторами для всех типов решеток. Алгоритм поиска составлен с учетом первых 4 размеров радиус–векторов ОЦК, ГЦК и простых кубических решеток. Далее, с учетом выбранного расстояния осуществлялся поиск пар атомов AA, AB и BB , для получения значения вероятности нахождения атома B на определенной сфере относительно атома A во всем моделируемом кристалле. На последнем этапе проводился расчет по (1) и (2).

Результаты. Для верификации результата работы программы были выбраны структуры $TiAl_3$ и Cu_3Au со сходной концентрацией двух типов атомов (75% и 25%), но различным их расположением в ГЦК структурах. В первую очередь были проведены расчеты для идеальных сверхструктур $TiAl_3$ и Cu_3Au , так как в [1,2] представлены значения параметров ближнего порядка для случаев полного упорядочения исследуемых материалов. Расчеты проводились для различного количества элементарных ячеек от $1 \times 1 \times 1$ (4 атома) до $7 \times 7 \times 7$ (1327 атомов). Оказалось, что число атомов в области при полном упорядочении структуры не изменяет значение параметра ближнего порядка, а полученные расчетные значения для α_1 и α_2 совпадают с данными из [1,2]. Рассчитанные значения параметров ближнего порядка в этом случае для $TiAl_3$ равны -0.33 и 0.64 для первой и второй координационной сферы. Для Cu_3Au -0,33 и 1 соответственно. Полученные значения совпали с теоретическими и экспериментальными данными, приведенными в [2,5].

Изменение параметра ближнего порядка в случае появления в структуре идеального кристалла ближнеупорядоченных областей было проведено на структуре Cu_3Au . Оказалось, что при изменении местоположения двух ближайших и более атомов разного типа (от 0-6 дефектных атомов) модуль

параметра ближнего порядка уменьшается, а его знак сохраняется. Результаты этих расчетов представлены в Табл.1 для ячейки $3 \times 3 \times 3$ (108 атомов).

Таблица 1

Значения параметров ближнего порядка для 1-ой и 2-ой координационной сферы, для различного количества дефектных атомов для структуры Cu_3Au (ячейка $3 \times 3 \times 3$, 108 атомов).

Количество дефектных атомов	Значение параметра для i -ой координационной сферы	
	α_1	α_2
0	-0,333	1
2	-0.300613	0.924528
4	-0.268293	0.846154
6	-0.236364	0.764706

Заключение. Была разработана программа, позволяющая рассчитывать параметры ближнего порядка ОЦК, ГЦК и простых кубических решеток. Проведена верификация программы для двух структур (TiAl_3 и Cu_3Au). Получены значения параметров ближнего порядка для первых двух координационных сфер совпадают с теоретически ожидаемыми, и при этом оказываются различными для двух исследуемых структур. Также, проведено исследования влияния на значения параметров ближнего порядка появление в структуре идеального материала ближнеупорядоченных областей. Показано, что только изменение местоположения от 2 до 6 атомов из 108 приводит к уменьшению модуля значения параметров ближнего порядка для 1-ой и 2-ой координационных сфер при сохранении знака. Это подтверждает, что значения параметров ближнего порядка определяется взаимным расположение атомов в структуре, а не их концентрацией. В дальнейшем планируется использование функционала созданной программы для расчетов параметров ближнего порядка тонких пленок на подложке (эпитаксиального графена).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Wilchinsky Z.W. X-Ray Measurement of Order in the Alloy Cu_3Au [Electronic version] // J. App. Phys. – 1944. – No. 15. – Pp. 806.
2. Cowley J.M. An Approximate Theory of Order in Alloys // Phys. Rev. – 1950. – No. 77. – Pp. 669.
3. Мирзоев А.А., Смолин Н.А., Гельчинский Б.Р. Новая методика моделирования структуры ближнего порядка бинарных неупорядоченных систем в рамках метода сильной связи // Известия Челябинского научного центра. – 1998. – № 2. – С. 21–26.
4. Садовников С.И., Ремпель А.А. Ближний порядок и парные корреляции в бинарном твердом растворе с квадратной решеткой // Физика твердого тела. – 2007. – Т.1. – № 8. – С. 1470–1474.
5. Иверонова В.И., Кацнельсон А.А. Ближний порядок в твердых растворах. – М.: Наука, 1977. – 256 с.
6. Ponomarev, A. N., Egorushkin, V. E., Melnikova, N. V., Bobenko, N.G. On the low-temperature anomalies of specific heat in disordered carbon nanotubes // Physica E. – 2015. – No. 66. – Pp. 13-17.

УСТРОЙСТВО ЭЛЕКТРОСТИМУЛЯЦИИ БЛУЖДАЮЩЕГО НЕРВА

А.В. Берестов, А.А. Бомбизов, А.Г. Лошилов

Научный руководитель: в.н.с. отделения атеросклероза и хронической ИБС НИИ кардиологии Томского

НИМЦ, профессор, д.м.н. Е.Н. Павлюкова

Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники,

Специальное конструкторское бюро «Смена»,

Россия, г. Томск, пр. Ленина 40, 634050

E-mail: main@skbsmena.ru

DEVICE FOR ELECTRICAL STIMULATION OF THE VAGUS NERVE

A.V. Berestov, A.A. Bombizov, A.G. Loshchilov

Scientific Supervisor: M.D., Senior Researcher Cardiology Research Institute, Prof. E.N. Pavlyukova

Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics,

Special Design Bureau "Smena",

Tomsk, Lenin Avenue, 40, 634050

E-mail: main@skbsmena.ru

Abstract. *A device for auricular electrical stimulation of the vagus nerve was developed. The advantage of the developed product is the possibility of changing the shape of the stimulation signal, setting the duration of the stimulation session and monitoring the impedance of the load during the stimulation procedure.*

Введение. В НИИ кардиологии Томского научного исследовательского медицинского центра (НИМЦ) города Томска ведутся работы по решению проблемы повышения сократительной функции сердца у пациентов с хронической систолической сердечной недостаточностью сопровождающейся гиперактивностью симпатической нервной системы [1]. До настоящего времени для нефармакологической коррекции гиперсимпатикотонии у данных пациентов использовалось устройство ВАГУС-01 [2]. Устройство представляет собой автономный генератор импульсов тока фиксированной частоты и скважности, имеет ручку регулировки выходного тока в диапазоне до 2 мА, индикаторы питания и нагрузки. К недостаткам устройства можно отнести невозможность изменения формы сигнала стимуляции, отсутствие возможности установки продолжительности сеанса стимуляции и контроля импеданса нагрузки в процессе процедуры стимуляции.

Коллективом СКБ «Смена» ТУСУР совместно с НИИ Кардиологии принято решение о разработке нового устройства, свободного от упомянутых недостатков. Технические характеристики устройства:

1. Максимальный выходной ток – до 2 мА (с функцией цифровой регулировки).
2. Максимальное сопротивление нагрузки (тела человека между точками подключения) – 10 кОм.
3. Контроль выходного тока (прямого, обратного) – есть.
4. Индикации времени сеанса и уровня заряда батареи – есть.
5. Частота импульсов – 3 Гц (варьируемая).
6. Длительность положительного и отрицательного импульсов – 0,2 мс (варьируемая).
7. Возможность цифровой установки формы сигнала стимуляции.

Описание принципа работы устройства электростимуляции блуждающего нерва. На рис. 1 приведена структурная схема разработанного устройства аурикулярной электрической вагусной стимуляции. Основой для разработки цифровой части устройства является отладочная плата 8-битного контроллера компании STMicroelectronics STM8L-Discovery. Плата содержит управляющий микроконтроллер, внутрисхемный программатор, минимальный набор органов управления и жидкокристаллический индикатор.

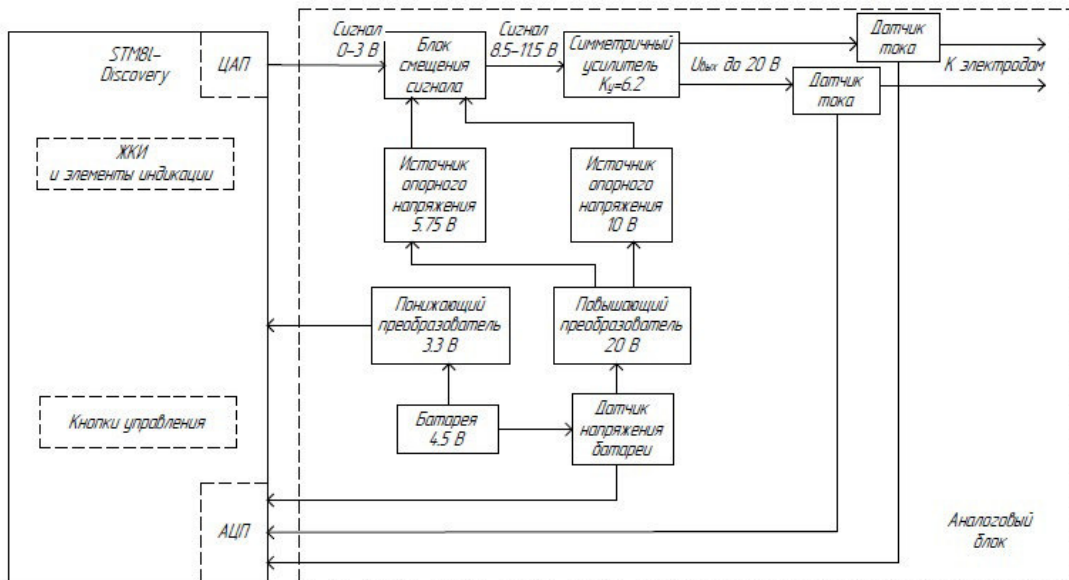


Рис. 1. Схема электрическая структурная устройства электростимуляции

Таким образом, разработанное устройство можно условно разбить на два блока: блок цифровой обработки (отладочная плата STM8L-Discovery) и блок аналоговой обработки, осуществляющий усиление и симметрирование выходного сигнала, а также выделение напряжения на измерительном шунте, пропорциональное току стимуляции.

Сигнал с выхода цифро-аналогового преобразователя (ЦАП) поступает на блок смещения сигнала, где изменяется положение средней точки сигнала. Затем сигнал подается на блок симметричного усиления, где он симметрируется и усиливается до напряжения (максимального) ± 20 В. Усиленный сигнал поступает на электроды через датчики прямого и обратного токов, сигналы с которых поступают на входы аналого-цифрового преобразователя (АЦП) блока цифровой обработки.

Для питания устройства электростимуляции использовано три последовательно включенных элемента типа ААА, обеспечивающие напряжение питания от 3,75 до 4,5 В. Выходное напряжение батарей через датчик напряжения поступает на один из входов АЦП и повышающий преобразователь.

Кнопки управления и индикатор STM8L-Discovery позволяют задать режимы стимуляции, в том числе форму и длительность импульсов сигнала, а также контролировать ток, протекающий через тело пациента в процессе процедуры стимуляции.

Конструкторская часть. На основе представленной структурной схемы была разработана схема электрическая принципиальная и топология печатной платы блока аналоговой обработки. Коммутация аналогового и цифрового блоков устройства электростимуляции осуществляется посредством разъёмных

соединений типа PLS-PBS. Имеющиеся варианты корпусов для радиоэлектронной аппаратуры не отвечали необходимым требованиям, и в итоге было принято решение разработки собственного корпуса с последующим его изготовлением на 3D-принтере.

Корпус разработанного устройства состоит из основания и крышки. В основании корпуса реализован батарейный отсек для трёх элементов типа ААА. Разнесенный общий вид конструкции устройства электростимуляции блуждающего нерва показан на рис. 2.

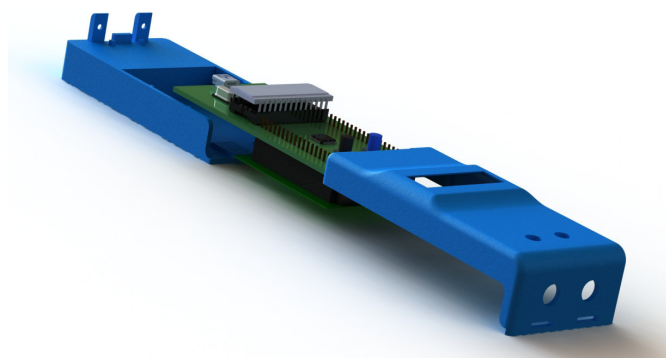


Рис. 2. Разнесенный общий вид конструкции устройства электростимуляции

Электроды представляют собой металлические иглы, которые посредством проводников соединены с выходами источников тока устройства электростимуляции и служат для передачи электрических импульсов в область чувствительных окончаний блуждающего нерва на поверхности ушной раковины пациента. В качестве основы для разработки электрода была выбрана игла для акупунктуры. Для электрического соединения иглы с проводником электрода используются разъёмы типа PLS – PBS. Использование данных разъёмов существенно не утяжеляет электроды, соответственно не возникает необходимости в их дополнительной фиксации на теле пациента.

Заключение. Разработано устройство для аурикулярной электрической стимуляции блуждающего нерва нового типа. Преимуществом разработанного изделия является возможность изменения формы сигнала стимуляции, установка продолжительности сеанса стимуляции. Кроме того, устройство позволяет контролировать импеданс нагрузки в процессе процедуры стимуляции.

В настоящее время устройство электростимуляции используется при проведении нефармакологической коррекции гиперсимпатикотонии у больных хронической систолической сердечной недостаточностью в НИИ кардиологии Томского НИМЦ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кузьмичкина М.А. Применение аурикулярной электрической вагусной стимуляции у больных хронической сердечной недостаточностью: Диссертация на соискание учёной степени кандидата медицинских наук. – Томск, 2012. – 149 с.
2. Пат. 2327492 РФ. МПК А61N 1/36. Устройство для электрической стимуляции чувствительных окончаний блуждающего нерва / С.А. Афанасьев, А.А. Кострикин, И.В. Антонченко, А.В. Писклова, С.В. Попов. – № 2006138299/14. Заявл. 30.10.06; Оpubл. 27.06.08, Бюл. № 18. – 5 с.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ОБНАРУЖЕНИЯ БПЛА ПО ПРИЗНАКАМ
ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ В ОБЛАСТИ НИЗКИХ ЧАСТОТ**

А.А. Бомбизов, А.Г. Лоцилов, С.А. Артищев

Научный руководитель: д.т.н., директор НИИ СЭС ТУСУР, Н.Д. Малютин
Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники (ТУСУР),

Специальное конструкторское бюро «Смена»,

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 40, 634050

E-mail: main@skbsmena.ru

**INVESTIGATION THE POSSIBILITY OF THE DRONE DETECTION
BY THE ANALYSIS OF LOW FREQUENCY ELECTROMAGNETIC RADIATION**

A.A. Bombizov, A.G. Loshchilov, S.A. Artishchev

Scientific Supervisor: Director of Research Institute of Electric Communication Systems TUSUR,
professor N.D. Malyutin

Tomsk state university of control systems and radioelectronics (TUSUR),

Special design bureau «Smena»

Russian Federation, Tomsk city, Lenin Avenue 40, 634050

E-mail: main@skbsmena.ru

***Abstract.** The possibility of detecting unmanned aerial vehicles by recording the magnetic component of the electromagnetic radiation of their operating engines is shown.*

Введение. Сложность решения задач обнаружения беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) радиолокационными средствами, как отмечается в работе [1], связана с их низкой заметностью. Поэтому ищутся дополнительные признаки, по которым можно идентифицировать БПЛА в полете или неподвижно зависающим [2]. Например, в работе [1] показана теоретически возможность обнаружения БПЛА путем сравнения спектра модуляции отраженных сигналов в радиолокационных диапазонах вращающимися деталями со спектром акустических излучений. Но экспериментальных данных в подтверждение этого в работе [1] и других публикациях [3] не приводится.

Целью настоящих экспериментальных исследований являлась регистрация электромагнитного излучения (ЭМИ), возникающего в процессе работы беспилотного летательного аппарата. Анализ ЭМИ выполнялся в полосе частот от 50 Гц до 20 кГц. Для уменьшения влияния помех, вызванных промышленными или бытовыми объектами, было принято решение проводить эксперимент в поле за чертой города.

Описание экспериментальной установки. Работа экспериментальной установки основывается на регистрации магнитной составляющей электромагнитного излучения электродвигателями БПЛА в процессе полета и анализе параметров низкочастотных электромагнитных сигналов.

Магнитная составляющая электромагнитного излучения БПЛА регистрировалась с помощью индукционного датчика, выполненного в виде катушки индуктивности (1000–1200 витков) на стержневом ферромагнитном сердечнике [4]. Сигналы с датчика подавались на усилитель, выполненный

по инструментальной схеме, и содержащий два каскада усиления ДУ₁ и ДУ₂ на операционных усилителях AD8626. Первый каскад усиления, ДУ₁, с целью минимизации искажений выходного сигнала размещался внутри корпуса индукционного датчика. Дифференциальный сигнал с выхода первого каскада передавался по кабельной линии типа "витая пара" (длиной порядка 5 метров) на вход дифференциального усилителя ДУ₂. Коэффициенты усиления каскадов ДУ₁ и ДУ₂ равны 50 и 4, соответственно. Первый каскад усилителя обеспечивает усиление тока, наведенного на индукционный датчик, второй каскад ослабляет синфазную помеху, наведенную на кабельную линию. В полосе рабочих частот от 50 Гц до 20 кГц ослабление составляет порядка 40 дБ. Регистрация сигнала выполнялась звуковой картой персонального компьютера.

Описание содержания и результатов экспериментальных исследований. Первый эксперимент заключался в регистрации электромагнитного излучения от пролетающего квадрокоптера Yuneec Turphoon 4k. Летательный аппарат выходил на высоту 4–5 м и с дистанции 15 м начинал движение в сторону измерительной установки и пролетал над ней. В процессе эксперимента осуществлялась регистрация ЭМИ БПЛА в низкочастотной области спектра. На рис.1 приведена спектрограмма зарегистрированного сигнала.

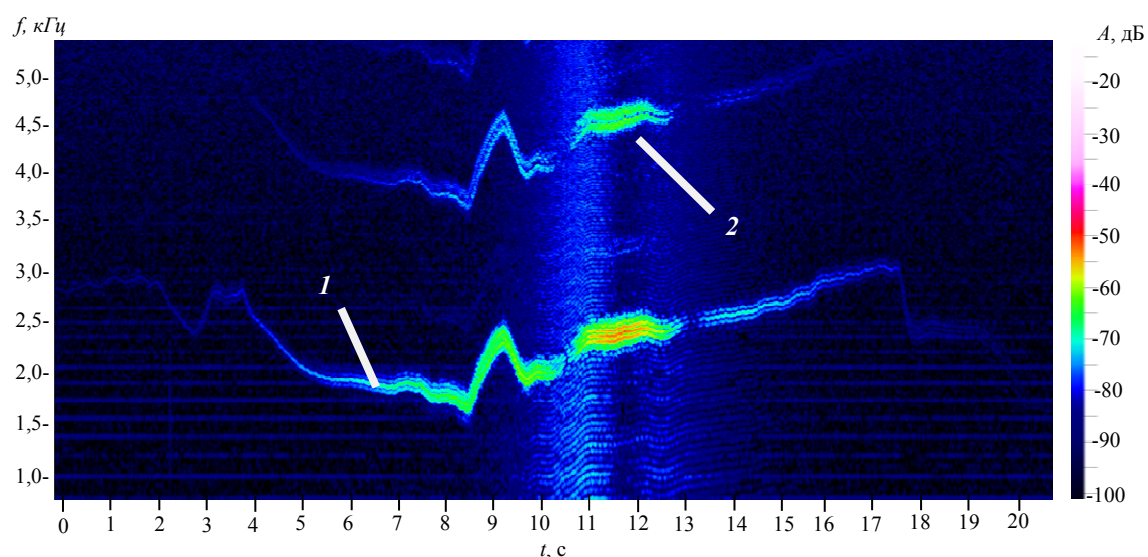


Рис. 1. Спектрограмма ЭМИ квадрокоптера Yuneec Turphoon 4k при маневрировании

Основная гармоника зарегистрированного сигнала (см. рис. 1, поз. 1) БПЛА лежит в диапазоне 2–3 кГц. Непостоянство частоты обусловлено регулировкой оборотов вращения двигателей для поддержания нужной высоты. При приближении к измерительной установке амплитуда ЭМИ возрастала. Особенностью является наличие высших гармоник ЭМИ (см. рис. 1, поз. 2), повторяющих исходный сигнал в диапазоне частот 4–5 кГц.

В ходе следующего эксперимента регистрировалось ЭМИ БПЛА в процессе посадки. Спектрограммы измеренных сигналов приведены на рис. 2.

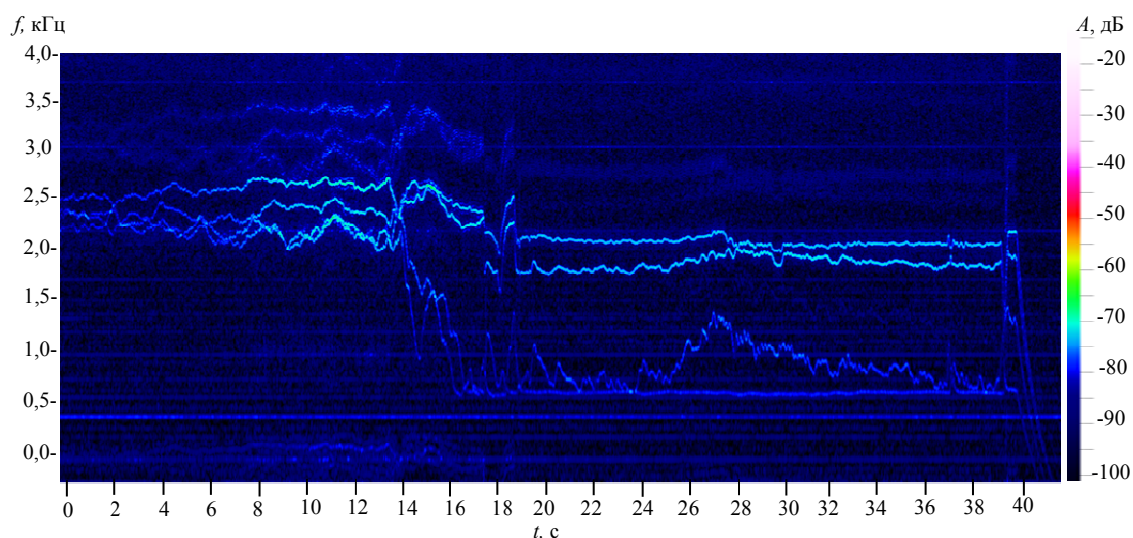


Рис. 2 – Спектрограмма ЭМИ квадрокоптера Yuneec Typhoon 4k при посадке

На спектрограмме (см. рис. 2) можно выделить следующие этапы: зависания БПЛА над поверхностью Земли (с 0 по 14 секунду); посадка (с 14 по 18 секунды); отключение двигателей на (39-я секунда). Нужно отметить, что для смягчения посадки перед касанием коптера поверхности Земли временно были увеличены обороты двигателей, что сопровождается повышением частоты ЭМИ с 18 по 19 секунды. Процесс отключения двигателей занимает 2 секунды.

Заключение. Результаты проведенных экспериментальных исследований иллюстрируют практическую возможность не только обнаружения беспилотных летательных аппаратов по признакам их электромагнитного излучения в области низких частот, но и определения режимов работы БПЛА, стадий барражирования, скоростей вращения винтов и, потенциально, других важных параметров.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ, соглашение № 14.577.21.0188 от 27.10.2015 г., идентификатор RFMEFI57715X0188.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Виявлення безпілотних літальних апаратів на основі аналізу акустичних та радіолокаційних сигналів / Ю.Г. Даник, І.В. Пулеко, М.В. Бугайов // Вісник Житомирського державного технологічного університету. Серія: технічні науки. – 2014. – № 4 (71). – С. 71–80.
2. Micro-drone RCS analysis / Matthew Ritchie, Francesco Fioranelli, Hugh Griffiths, Borge Torvik // 2015 IEEE Radar Conference. – South Africa, Johannesburg, 2015. – Pp. 452–456. DOI: 10.1109/RadarConf.2015.7411926.
3. Radar micro-Doppler feature extraction using the spectrogram and the cepstrogram / R.I.A. Harmanny, J.J.M. de Wit; G. Prémel Cabic // 11th European Radar Conference. – Germany, Nuremberg, 2014. – Pp. 165–168. DOI: 10.1109/EuRAD.2014.6991233.
4. Максименко В.Г. Чувствительность низкочастотного магнитоиндукционного датчика // Радиотехника. – 2009. – №8. – С. 44 – 47

**ДУАЛЬНОСТЬ ПРОЦЕССОВ ПЕРЕКЛЮЧЕНИЯ СИЛОВЫХ КЛЮЧЕЙ ПРИ РАБОТЕ НА
АКТИВНО-ИНДУКТИВНУЮ И АКТИВНО-ЕМКОСТНУЮ НАГРУЗКИ**

Д.Б.Бородин

Научный руководитель: профессор, к.т.н В.Д. Семёнов
Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники
Россия, г.Томск, пр. Ленина 40, 634050
E-mail: Borodindanila@mail.ru

**DUALITY OF SWITCHING PROCESSES FOR POWER TRANSISTORS ON ACTIVE-
INDUCTIVE AND ACTIVE-CAPACITIVE LOAD**

D.B. Borodin

Scientific Supervisor: Prof., Ph.D. V.D. Semenov
Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics, Russia, Tomsk, Lenin str., 40, 634050
E-mail: Borodindanila@mail.ru

***Abstract.** In this state, we showed duality of switching processes for power transistors, when it working on reactive load.*

Введение. Постоянное стремление уменьшить массу и габариты электромагнитных элементов и, одновременно увеличить быстродействие регулирования выходной величины, приводит к неуклонному росту частоты коммутации в транзисторных преобразователях электрической энергии. Повышение частоты коммутации приводит к увеличению динамических потерь на переключение транзисторов. Причём, на частоте коммутации в несколько сотен килогерц, в схемах замещения ключей необходимо учитывать паразитные параметры, такие как индуктивность соединительных проводов и выводов транзисторов, а также монтажные и собственные ёмкости силовых транзисторов. В таких схемах замещения, транзисторные ключи всегда работают на реактивную нагрузку, как показано на рис.1 (а,б). Можно считать, что, показанная на рис.1 а), индуктивность L , является индуктивностью соединительных проводов, а ёмкость C на рис.1 б) – собственной ёмкостью транзисторного ключа.

Таким образом, изучение процессов переключения всегда будет оставаться актуальной задачей.

Методы исследования. Анализ переключения транзистора в схеме рис.1 а) проведён в работе [1], где коммутирующий транзистор заменён управляемым источником напряжения с изменяющейся скоростью нарастания напряжения на ключе.

Схема на рис.1 б) исследована в работе [2], в которой коммутирующий транзистор был заменён на управляемый источник тока с изменяющейся скоростью нарастания тока ключа.

Временные диаграммы коммутационных процессов, протекающих в представленных цепях, приведены на рис.2 и рис.3.

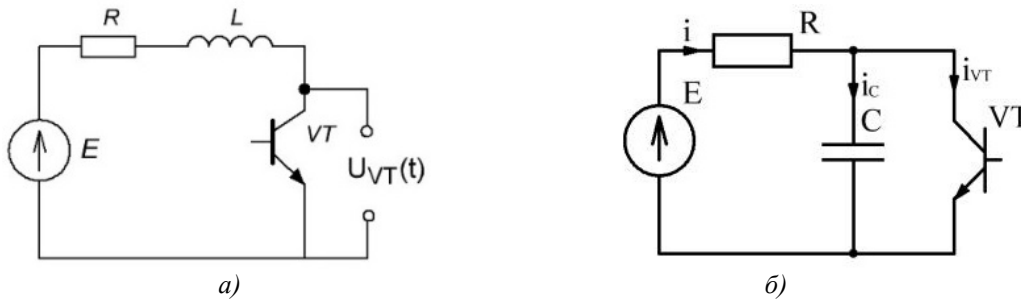


Рис. 1. Исследуемые схемы подключения нагрузки а) активно-индуктивная нагрузка б) активно-емкостная нагрузка

Диаграммы коммутационных процессов, протекающих в исследуемых цепях, представлены на рисунках 2 и 3.

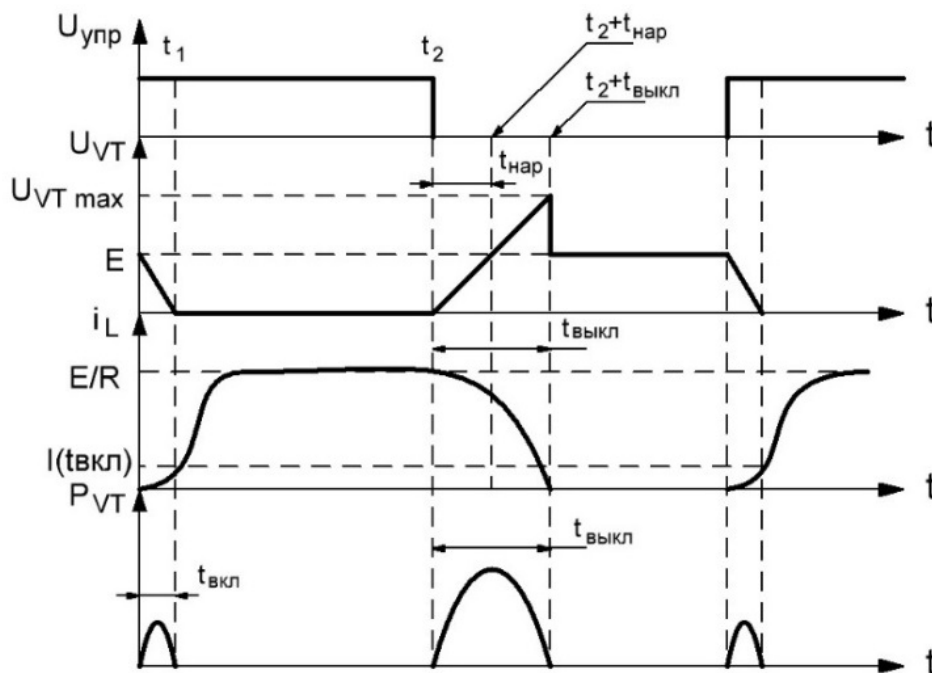


Рис. 2. Диаграммы переключения транзисторного ключа при работе на активно-индуктивную нагрузку

Сравнивая диаграммы на рис.2 и рис.3, можно заметить следующее: при активно-индуктивной нагрузке (рис.2), транзистор включается «мягко», а время включения транзистора $t_{вкл} = t_1 - t_0$ определяется скоростью спада напряжения на транзисторе. Транзистор включается при токе меньшем, чем ток нагрузки, который достигает своего установившегося значения только в момент времени $t_{1(1)}$. Время подключения нагрузки больше времени включения ключа. Выключается транзистор в жёстком режиме, потому что напряжение на транзисторе достигает величины напряжения источника питания при почти номинальном токе нагрузки, а напряжение на транзисторе превышает напряжение источника питания.

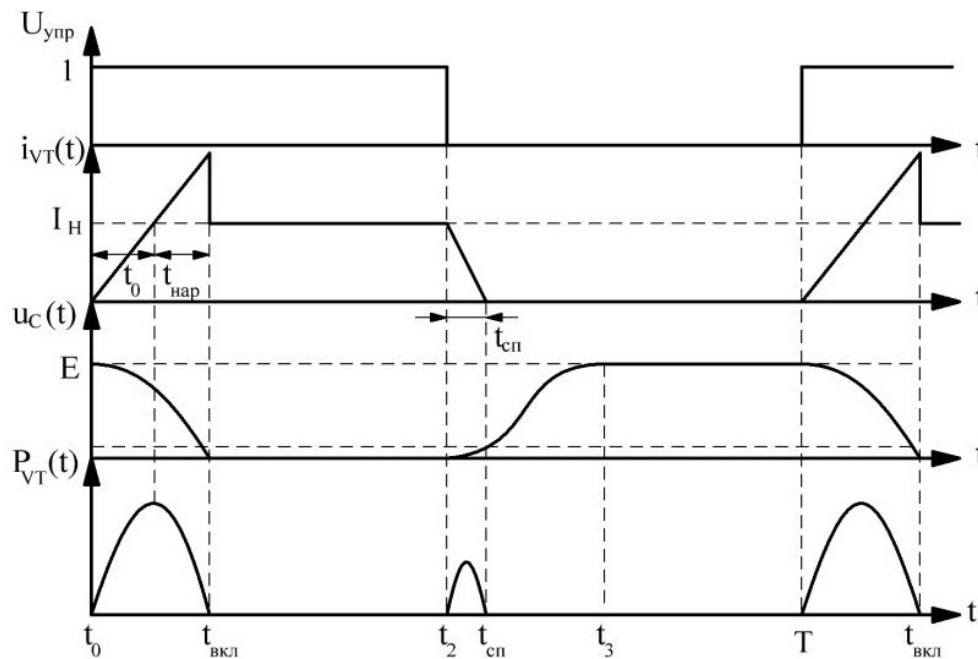


Рис. 3. Диаграммы переключения транзисторного ключа при работе на активно-ёмкостную нагрузку

При активно-ёмкостной нагрузке (рис.3), все процессы дуальны рассмотренным.

Вывод. Действительно, включение транзистора происходит в жёстком режиме, при этом ток включения достигает тока нагрузки, при напряжении на ключе почти равном напряжению источника питания. Ток включения превышает ток нагрузки, а время включения определяется временем разряда ёмкости. Выключение транзистора при активно-ёмкостной нагрузке наоборот, происходит «мягко», при малом напряжении на ключе и полностью определяется скоростью спада тока транзистора. Однако напряжение на активной нагрузке станет равным напряжению источника питания только через некоторое время, в момент времени t_3 . – в этом случае время отключения нагрузки больше времени выключения транзистора.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бородин Д.Б., Семёнов В.Д. Коммутационные процессы в транзисторе при работе на индуктивную нагрузку без нулевого диода // Материалы международной научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных «Научная сессия ТУСУР-2016». – Томск, 2016. – Часть 2. – С. 191-195.
2. Бородин Д.Б., Семёнов В.Д. Коммутационные процессы в транзисторе при работе на активно-ёмкостную нагрузку // Итоги научно-исследовательских работ и курсового проектирования студентов кафедры промышленной электроники: материалы ежегодной научно-практической конференции, под реакцией канд тех. Наук В.Д. Семёнова. – Томск: ТУСУР, 2016. – Вып. 9. – С. 63-68.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ФОРМИРОВАНИЯ МНОГОЭЛЕМЕНТНЫХ ФОТОННЫХ СТРУКТУР ЗА
СЧЕТ ВКЛАДА ПИРОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА В НЕЛИНЕЙНЫЙ ОТКЛИК
КРИСТАЛЛА НИОБАТА ЛИТИЯ**

Б.М. Будаев, А.С. Перин

Научный руководитель: к.т.н. А.С. Перин

Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники,

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 40, 634050

E-mail: perin.anton@gmail.com

**STUDY OF FORMATION OF MULTI-ELEMENT PHOTONIC STRUCTURES IN LITHIUM
NIOBATE CRYSTAL DUE TO THE CONTRIBUTION OF PYROELECTRIC EFFECT**

B.M. Budaev, A.S. Perin

Scientific Supervisor: PhD A.S. Perin

Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics, Russia, Tomsk, Lenin str., 40, 634050

E-mail: perin.anton@gmail.com

***Annotation.** The pyroelectric nonlinear response of nominally undoped lithium niobate crystal is exploited to form within it multi-element photonic waveguide structures suitable for the photonic applications. The light wavelength of 532 nm with optical powers lower than 1 mW allowed their formation in experiments.*

Введение. Преобразование пространственной структуры светового поля и возможность формирования фотонных волноводных элементов сложной топологии в кристаллических материалах, обладающих электрооптическими, сегнетоэлектрическими и нелинейно-оптическими свойствами, являются актуальными задачами современной фотоники и нелинейной оптики [1]. Эффективность таких преобразований зависит от интенсивности света [2], а варьирование температурой образца [3] позволяет управлять нелинейными искажениями лазерного излучения. Целью данной работы является экспериментальное исследование формирования фотоиндуцированных волноводных структур и схем в кристалле ниобата лития (LiNbO_3) с учетом вклада пироэлектрического эффекта. В экспериментах исследовались условия бездифракционного распространения в кристаллическом образце ниобата лития световых полей, распределение интенсивности которых, позволяет сформировать в нелинейном режиме фотонные структуры и волноводные схемы с заданной топологией (3, 5 волноводов) в объеме такого образца.

Экспериментальная часть. Схема экспериментальной установки представлена на рис. 1. Источником излучения являлся твердотельный лазер YAG:Nd^{3+} (1) с удвоением частоты ($\lambda = 532$ нм, выходная мощность до 50 мВт). Поляризация света во всех экспериментах соответствовала необыкновенной волне в кристалле. Для формирования структуры, состоящей из трех и пяти волноводных каналов, использовались световые пучки, получаемые путём дифракции индуцирующего излучения на дополнительно введенной в схему эксперимента дифракционной решетке (2). С помощью сферической линзы (3) световые пучки фокусировались на входную грань кристаллического образца (4). Фокусное расстояние линзы определялось требуемым диаметром перетяжки пучка на этой грани. В

экспериментах при фокусном расстоянии линзы (3) 40 мм диаметр светового пятна в перетяжке составлял ~ 12 мкм при $\lambda=532$ нм. Образец LiNbO_3 имел размеры $4 \times 10 \times 4$ мм³ вдоль осей X, Y, Z соответственно.

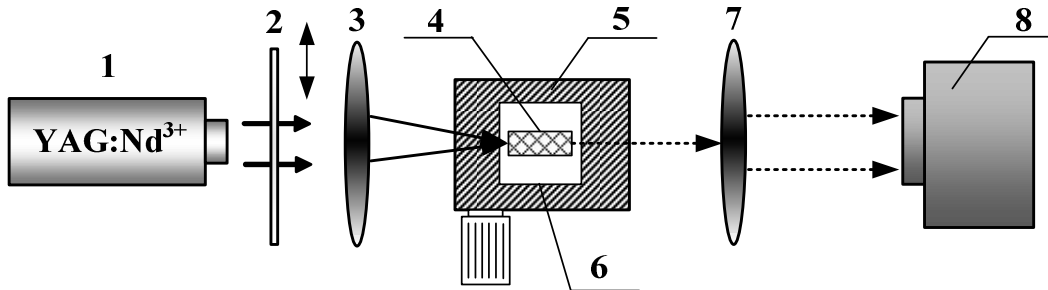


Рис. 1. Схема экспериментальной установки: 1 – источник лазерного излучения, 5 – дифракционная решетка, 3 – фокусирующая линза, 4 – образец LiNbO_3 , 5 – трехкоординатный микрометрический столик, 6 – элемент Пельтье, 7 – изображающая линза, 8 – анализатор лазерных пучков

Результаты. Результаты экспериментов иллюстрируются картинками световых полей на входной и выходной плоскостях образца (рис. 2).

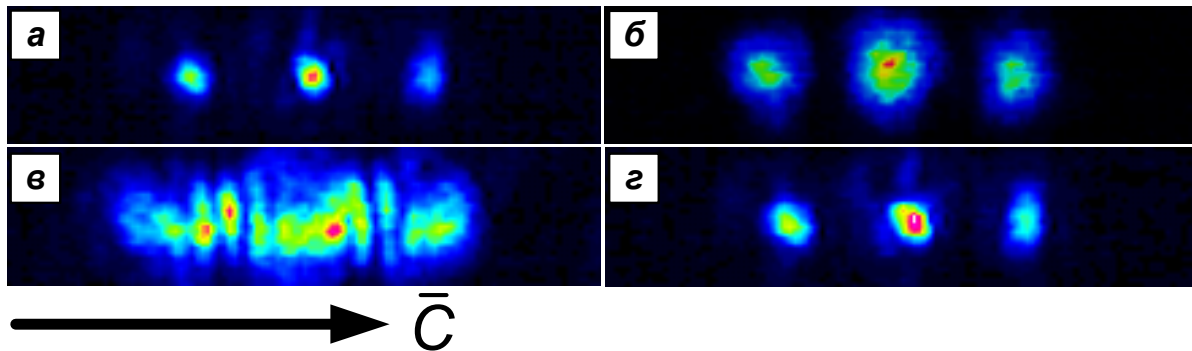


Рис. 2. Картины распределения световых полей на входной (а) и выходной гранях кристалла в начальный момент времени в линейном (б) и нелинейном (в,) режиме дифракции; г - картины световых полей на выходной плоскости образца в режиме светлых пространственных солитонов

Можно видеть, что в начальный момент (рис. 2б) времени поперечный размер световых пятен на выходной грани увеличивается. Это соответствует режиму линейной дифракции светового поля. Увеличение световой мощности до 100 мкВт приводит к индуцированию в освещенной области образца оптической неоднородности, обусловленной фоторефрактивным эффектом. Индуцированная оптическая неоднородность приводит к увеличению дифракционной расходимости светового пучка преимущественно в направлении оптической оси кристалла (рис. 2в). Для компенсации как линейной, так и нелинейной дифракции светового пучка кристалл нагревался до температуры 55 °С. В результате поперечные размеры световых пятен на выходной плоскости кристаллического образца уменьшаются до их размеров на входной плоскости, что свидетельствует о достижении режима светлых

пространственных солитонов (рис. 2г). Время, необходимое для полной компенсации дифракции светового поля при указанных условиях экспериментов составляло от 20 до 30 секунд.

Для случая формирования пяти светлых двумерных солитонов и, соответственно, волноводной схемы, состоящей из пяти канальных волноводов при длине волны излучения $\lambda=532$ нм (рис. 3) световая мощность индуцирующего излучения составила 200 мкВт, а температура кристалла увеличивалась от комнатной до 55 °С. Время формирования волноводных каналов составило при этом 30 с, а диаметр полученных волноводных каналов – около 12 мкм.

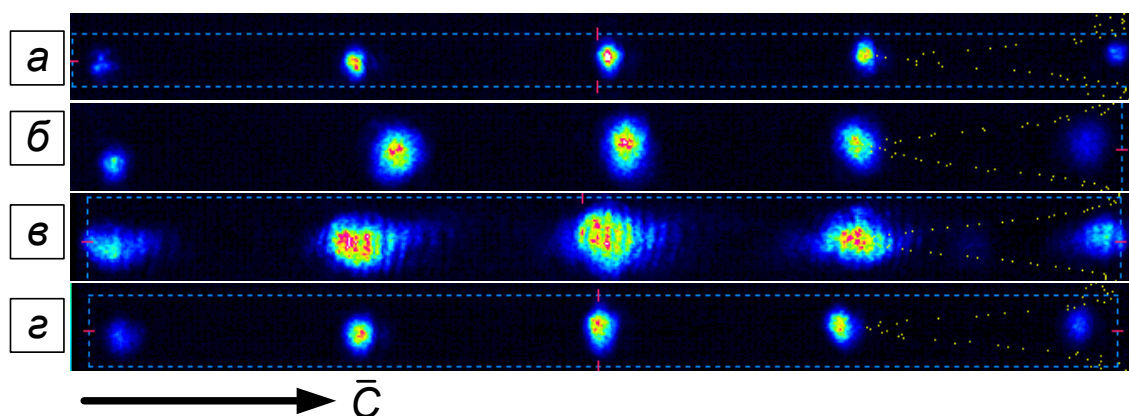


Рис. 3. Картины распределения световых полей на входной (а) и выходной (б) гранях кристалла в начальный момент времени в линейном режиме дифракции; в – картина светового поля на выходной плоскости образца при мощности излучения 200 мкВт и картина (г) при нагреве кристалла до температуры 55 °С

Заключение. Таким образом, отработана технология формирования волноводных фотонных структур в объеме кристаллов LiNbO₃. Экспериментально получены образцы фотонных структур и систем волноводов с заданной топологией (3, 5 волноводов). Следует отметить, что наряду с формированием и изучением особенностей характеристик двумерных волноводных элементов, представляет интерес и возможность оптического формирования в LiNbO₃ с обращенным знаком нелинейного отклика, планарных волноводов в режиме одномерных пространственных солитонов.

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки РФ в рамках базовой части Госзадания 3.8898.2017/БЧ на 2017 г.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Suhara Toshiaki. Waveguide Nonlinear-Optic Devices / Toshiaki Suhara, Masatoshi Fujimura. – Series: Springer Series in Photonics. – 2003. – Vol. 11. – 320 p.
2. Popescu S.T. Recording of self-induced waveguides in lithium niobate at 405 nm wavelength by photorefractive-pyroelectric effect / S.T. Popescu, A. Petris, V.I. Vlad // J. Appl. Phys. – 2013. – Vol. 113. – Art. 213110.
3. Perin A.S. Photonic waveguide structures in photorefractive lithium niobate with pyroelectric mechanism of nonlinear response / A.S. Perin, V.M. Shandarov and V.Yu. Ryabchenok // Physics of Wave Phenomena. – 2016. – Vol. 24. – No. 1. – P. 1-4.

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ГАРМОНИЧЕСКОГО СОСТАВА
ГОЛОГРАФИЧЕСКИХ ДИФРАКЦИОННЫХ СТРУКТУР В ФОТОПОЛИМЕРНЫХ
МАТЕРИАЛАХ**

И.А. Викулина, К.О. Гусаченко, А.О. Семкин

Научный руководитель: профессор, к.ф.-м.н. С.Н. Шарангович

Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники,

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 40, 634050

E-mail: irinavickulina@yandex.ru

**EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF HARMONIC COMPOSITION OF THE HOLOGRAPHIC
DIFFRACTION STRUCTURES IN PHOTOPOLYMERIZABLE MATERIALS**

I.A. Vikulina, K.O. Gusachenko, A.O. Semkin

Scientific Supervisor: Prof., PhD S.N. Sharangovich

Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics, Russia, Tomsk, Lenin str., 40, 634050

E-mail: irinavickulina@yandex.ru

***Annotation.** The results of investigations of diffraction efficiency of holographic diffraction structures in photopolymerizable media dependence on recording scheme's geometry are obtained in this work. It is shown that the recording beams' incident angles decreasing will lead to the growth of amplitudes of higher spatial harmonics' of structure's refraction index. And this fact demonstrates the possibility of holographic formation of complicated diffraction structures, which can be considered as a system of planar waveguide channels.*

Введение. В последнее время для создания оптических элементов, характеризующихся неоднородным распределением показателя преломления, всё более широкое применение находят фотополимеризующиеся композиции. В них возможно формирование заранее определенных неоднородностей оптических свойств голографическим методом. Создания на их основе динамически управляемых, селективных по углу, длине волны и поляризации падающего излучения голографических дифракционных структур (ГДС) и волноводных каналов основе характеризуется простотой и невысокой стоимостью [1-2].

Целью данной работы является экспериментальное исследование зависимости амплитуд пространственных гармоник показателя преломления голографических дифракционных структур (ГДС), сформированных в образцах композиционного фотополимерного материала (ФПМ), от геометрии их записи.

Материалы и методы исследования

Формирование дифракционных структур в образцах ФПМ производилось методом импульсной записи [3] по классической симметричной двухпучковой схеме. Экспериментальные образцы, изготовленные в НИОХ СО РАН [4], представляют собой тонкую (~70 мкм) пленку ФПМ (с красителем-сенситизатором), нанесённую на стеклянную подложку. Длина волны максимума поглощения красителя находится в области 633 нм, поэтому для формирования был выбран He-Ne лазер с линейной поляризацией и выходной мощностью 1 мВт. После завершения процесса записи при падении лазерного

излучения на ГДС на выходе наблюдалась картина дифракции с набором ярких максимумов излучения. Схема экспериментальной установки по записи и считыванию ГДС приведена на рис. 1.

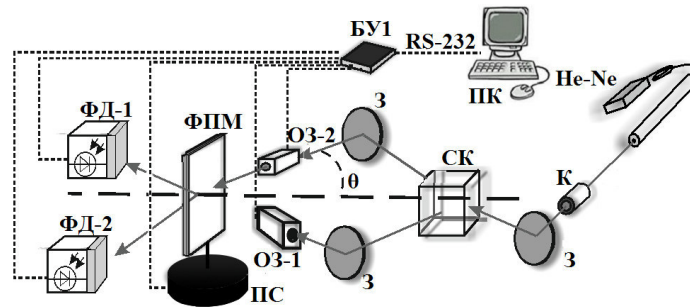


Рис. 1. Схема экспериментальной установки считывания ГДС с изменяющимся углом падения: He-Ne – лазер; К – коллиматор; З – зеркало; С.К. – светоделительный кубик; ОЗ-1,2 – оптические затворы; П.С. – поворотный столик; ФПМ – экспериментальный образец; ФД-1,2 – фотодиоды; Б.У.1 – блок управления; П.К. – персональный компьютер.

Считывание ГДС производилось путем измерения величины фототока фотодиодов установки при падении на ГДС одного пучка излучения (рис. 1). Интенсивность прошедшего и дифрагировавшего пучков пропорциональны фототоку, таким образом, измеренные величины позволяют вычислить дифракционную эффективность (ДЭ) ГДС по формуле:

$$\eta = \frac{I_d}{I_d + I_t} \cdot 100\% \quad (1)$$

где η – дифракционная эффективность; I_d – интенсивность дифрагировавшего пучка; I_t – интенсивность прошедшего пучка.

Для первой гармоники ГДС измерения проводились сразу после записи. Для второй гармоники путем вращения поворотного столика (П.С. на рис. 1) устанавливался такой угол падения считывающего излучения, который соответствовал бы выполнению условий дифракции Брэгга на второй гармонике. Затем производились измерения фототока фотодиодов для соответствующих максимумов. Соотношение дифракционных эффективностей, полученных по выражению (1) для дифракции на первой и второй гармониках одних и тех же структур, в зависимости от угла падения записывающих пучков приведено на рисунке 2.

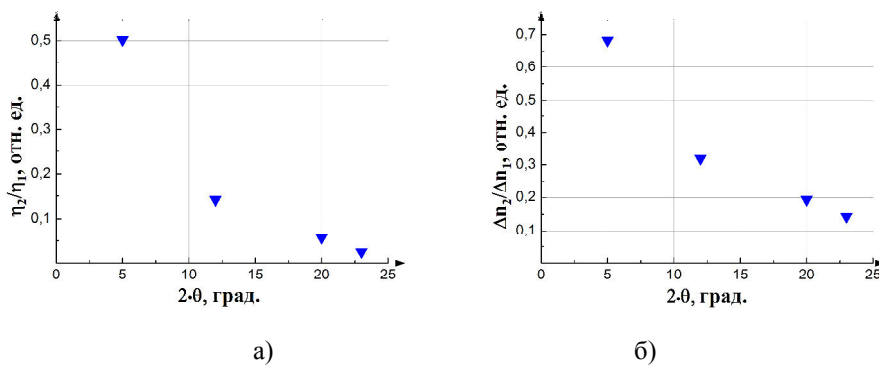


Рис. 2. Зависимость отношения а) ДЭ второй гармоники к ДЭ первой гармоники и б) их амплитуд от угла схождения формирующих пучков

Дифракционная эффективность и величина изменения показателя преломления связаны известным выражением Когельника [5]:

$$\Delta n = \frac{\lambda \cos \theta}{\pi d} \cdot \arcsin(\sqrt{\eta}), \quad (2)$$

где θ – угол Брэгга; d – толщина образца.

Таким образом, из соотношения ДЭ для двух гармоник (рис. 2а) можно рассчитать соотношение их амплитуд (рис. 2б).

Результаты. При увеличении угла падения записывающих пучков интенсивность дифрагировавшего на второй гармонике пучка уменьшается (рис. 2а), что говорит о снижении ее амплитуды (рис. 2б). Это обусловлено тем, что с увеличением угла падения уменьшается период структуры, что приводит к росту скорости диффузионных процессов [3] и соответствующему формированию структуры, изменение показателя преломления которой близко к гармоническому. Таким образом, путем уменьшения угла падения записывающего излучения можно формировать структуры со сложным ангармоническим пространственным профилем показателя преломления.

Заключение. Ранее в работе [6] было показано, что увеличение амплитуд высших пространственных гармоник показателя преломления приводит к формированию ГДС с квазипрямоугольным профилем. Такие структуры могут рассматриваться как системы планарных волноводных каналов. В данной работе экспериментально показана принципиальная возможность голографического формирования подобных структур в образцах ФПМ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Менсов С.Н. Оптическое формирование стабильных волноведущих структур из фотополимеризующейся композиции с неполимеризующимся компонентом / С.Н. Менсов, Ю.В. Полуштайцев // Квантовая электроника. – 2012. – №6. – С. 545-550.
2. Mensov S.N., Waveguiding elements optical formation at light beams interaction in transparent photopolymerizable compositions / S.N. Mensov, Yu.V. Polushtaytsev // CAOL 2005. – Yalta, Crimea, Ukraine, 2005. – P. 137-139
3. Импульсная запись пропускающих и отражающих голографических дифракционных решеток в поглощающих фотополимерах. 2. Численное моделирование и эксперимент / Е.А. Довольнов, В.Г. Миргород, Е.Ф. Пен, С.Н. Шарангович, В.В. Шелковников // Известия вузов. Физика. – 2007. – Т.53. – №4. – С. 34-39.
4. Пат. 2222038 Российская Федерация, Фотополимерная композиция для записи голограмм/Новосибирский институт органической химии им. Н.Н. Ворожцова СО РАН. – №2002100510/04; заявл. 08.01.02; опубл. 20.01.04.
5. Kogelnik H. Coupled Wave Theory for Thick Hologram Gratings // The Bell System Technical Journal. – 1969. – P. 2909 – 2947.
6. Semkin A.O. Theoretical model of controllable waveguide channels system holographic formation in photopolymer-liquid crystalline composition / A.O. Semkin, S.N. Sharangovich // Physics Procedia. – 2017. – Vol. 86. – P. 181-186.

МЕТОДИКА РАЗРАБОТКИ ИНДУКТОРА ДЛЯ УСТРОЙСТВА ЗАЧИСТКИ

В.Е. Вишняков, Д.Б. Бородин, В.А. Кабилов

Научный руководитель: профессор, к.т.н. В.Д. Семенов

Томский государственный университет систем управления и радиотехники,

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 40, 634050

E-mail: Volodia_vishnyakov@mail.ru

METHODOLOGY FOR INDUCTOR DEVICES STRIPPING

V.E. Vishnyakov, D.B. Borodin, V.A. Kabirov

Scientific Supervisor: Prof., Ph.D. V.D. Semenov

Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics, Russia, Lenin str., 40, 634050

E-mail: Volodia_vishnyakov@mail.ru

***Abstract.** Methodology for inductor devices stripping. A device for Stripping insulation from the enamel, operating on the principle of induction heating copper wire in the gap of the hub of the magnetic flux, it is known [1] and produced in small batches. However, the effectiveness of its work on wires with a diameter less than 0.1 mm is low and the task of developing a device for Stripping wires of small diameter and Litz wire are still relevant. The aim of the research is the study of processes in a conductor of small diameter, also landratov in a magnetic field and on the basis of the obtained results, improving the device [1]. By "improvement", refers to the ability of the device to remove the enamel insulation from wires of diameter 0.08 or smaller, and the possibility of Stripping the insulation from landratov.*

Введение. Устройство для зачистки проводов от эмалевой изоляции, работающее на принципе индукционного нагрева медного провода в зазоре концентратора магнитного потока, известно [1] и выпускается мелкими партиями. Однако эффективность его работы на проводах диаметром менее 0,1 мм низка и задача разработки устройства зачистки для проводов малого диаметра и литцендрата, по-прежнему актуальна. Целью исследования являются изучение процессов происходящих в проводнике малого диаметра, также литцендратов в магнитном поле и на основе полученных результатов, улучшение устройства [1]. Под улучшением понимается возможность устройства удалять эмалированную изоляцию с проводов диаметра 0,08 и меньше и возможность зачистки изоляции с литцендратов.

Методы исследования. Исследования, проведенные в [1] показывают, что для повышения эффективности нагрева медных проводов малого диаметра необходимо повышать частоту и индукцию электромагнитного поля в концентраторе магнитного потока. Однако задача повышения частоты и индукции электромагнитного поля противоречива и требует для своего решения системного подхода, потому, что несмотря на внешнюю простоту устройства зачистки, его разработка является сложной задачей. Изучение и проектирование данной задачи должно вестись, как минимум на четырех различных по своей физической сути моделях, решающих следующие задачи:

1. Задача нахождения зависимости удельного энерговыделения A [Вт/м] в провод малого диаметра за счет индуктивных токов, при различных значениях $d, f, \Delta B$.

$$A(d, f, \Delta B)(\text{Вт/м}),$$

где A - удельное энерговыделение [Вт/м]; f - частота электромагнитного поля [Гц]; d - диаметр нагреваемого провода [мм].

Для проверки модели, сравниваются результаты моделирования с численными результатами, полученными при использовании расчетного выражения [1]:

$$\frac{P}{S} = \frac{H^2}{2} \sqrt{\frac{\mu_0 \cdot \pi \cdot f}{\sigma}}, \quad (1)$$

где S - площадь сечения нагреваемого провода, H - напряженность магнитного поля, в которое помещен провод, f - частота магнитного поля, σ - удельная электропроводность материала.

2. Задача нахождения времени нагрева провода. Значения удельной мощности, полученные из первой модели, необходимы для расчета времени нагрева медного провода до заданной температуры с оценкой и учетом потерь тепловой энергии на излучение и уход тепла по проводнику из зоны нагрева.

$$t_n(d, T^{\circ}C, l, A),$$

где t_n - время нагрева провода до заданной температуры $T^{\circ}C$; l - длина зоны нагрева провода [м].

Стоит упомянуть, что температура, при которой происходит разрушение изоляции в марке ПЭТВ составляет около $450^{\circ}C$, а значит надо учесть данный факт при расчетах времени. Задача нахождения распределения температуры в проводнике описана в литературе [2]. Для получения времени нагрева сформируем условие задачи, которое будет звучать следующим образом: в области $x > 0$ начальная температура равна нулю. В области $0 < x < L$ при $t > 0$ в единице объема за единицу времени выделяется постоянное количество тепла A_0 . На поверхности $x = 0$ тепловой поток отсутствует. Распределения температуры по длине x провода в зависимости от времени t имеет следующий вид:

$$T(x, t) = \frac{\chi \cdot A_0 \cdot t}{\lambda} \left(1 - 2i^2 \cdot \Phi^* \cdot \left(\frac{L-x}{2\sqrt{\chi \cdot t}} \right) - 2i^2 \cdot \Phi^* \cdot \left(\frac{L+x}{2\sqrt{\chi \cdot t}} \right) \right), \text{ при}$$

$$0 < x < L$$

$$T(x, t) = \frac{\chi \cdot A_0 \cdot t}{\lambda} \left(2i^2 \cdot \Phi^* \cdot \left(\frac{x-L}{2\sqrt{\chi \cdot t}} \right) - 2i^2 \cdot \Phi^* \cdot \left(\frac{x+L}{2\sqrt{\chi \cdot t}} \right) \right), \text{ при}$$

$$x > L.$$

Где $A_0 = \frac{P_0}{2 \cdot \pi \cdot R^2 \cdot L}$ - удельное количество тепла на единицу объема в единицу времени; $\chi = \frac{\lambda}{c_p}$ -

коэффициент тепловой диффузии или коэффициент температуропроводности, характеризует изменение температуры, проходящие в единице объема вещества, обусловленное количеством тепла, протекающим в единицу времени через единичную площадку в слое единичной толщины и при единичной разности температур на его поверхности; λ - теплопроводность (для меди $401 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$); c - теплоемкость (для меди

$385 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$); ρ - удельная масса (для меди $8,92 \cdot 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$).

Решая уравнение $T(t, x = L) = T_{\text{кпэТВ}}$ численным методом при $t = t_3$ находим время зачистки.

3. Задача построения 3D-модели концентратора магнитного потока. При известных величинах f , ΔB , A необходимо спроектировать концентратор магнитного потока, выбрав типоразмер феррита, его

марку, величину зазора и индуктивность возбуждающей обмотки. Построить модель индуктора и рассчитать его собственные потери.

4. Задача проектирования транзисторного преобразователя для индукционного нагрева тонких проводов. По известным величинам частоты электромагнитного поля, индуктивности обмотки возбуждения рассчитать емкость резонансного контура и спроектировать резонансный транзисторный преобразователь на заданную мощность. Построить имитационную модель преобразователя, обеспечив стабилизацию частоты, тока или напряжения на индукторе, за счет замыкания отрицательной обратной связи. Задачу нахождения удельной величины энергозатрат можно наиболее просто решить в среде Comsol multiphysics. Задача нахождения времени может быть решена в среде Matchcad. Задача 3D модели и расчета потерь в индукторе наиболее просто спроектировать в среде Solidworks. Задача проектирования и исследования транзисторного преобразователя будет решена в среде Ltspice. Предлагаемая методика может быть положена в основу для разработки программного приложения по проектированию устройств зачистки медного провода малого диаметра от эмалевой изоляции.

Результаты исследования. Результатом исследования на данном этапе можно считать методику для разработки устройства удаления эмалированной изоляции проводов диаметра 0,08 мм и менее, а также литцендратов, разработанная вместе с научным руководителем.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Калинин Р.Г Устройство индукционного нагрева для снятия изоляции с проводов: Дис. канд. тех. наук. – Томск, 2014. – 171 с.
2. Карслоу Г. Теплопроводность твердых тел. – М.: Издательство «НАУКА», 1964. – 488 с.

**РАЗРАБОТКА АВТОНОМНОГО IOS ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ РАСЧЁТА ПАРАМЕТРОВ
ФРЕЗЕРОВАНИЯ ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ФРЕЗ**

И.А. Гиберт

Научный руководитель: доцент, к.т.н. О.Б. Фофанов
Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, 634050
E-mail: gibert1993@mail.ru

**DEVELOPMENT OF AUTONOMOUS IOS APPLICATION FOR ESTIMATION CUTTING
DATA FOR DIFFERENT END MILLS**

I.A. Gibert

Scientific Supervisor: docent, O.B. Fofanov
Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk, Lenin str., 30, 634050
E-mail: gibert1993@mail.ru

***Abstract.** The autonomous iOS application for calculation cutting data for different end mills was developed. Also, database for this application was designed and preloading data on application installation and updating from «AppStore» was implemented.*

Введение. В 2016 году основана компания под названием «Scandi Tools». Данная компания занимается производством и доставкой фрез, которые используются в фрезерных станках для резьбы по металлу, пластмассе и дереву. У данной компании существует книжный каталог [1] со списком свёрл и заранее посчитанными параметрами фрезерования при конкретных, наиболее распространённых, условиях. Но зачастую существует потребность расчёта параметров фрезерования при заданных условиях, которых в каталоге нет. А также использование бумажного каталога крайне неудобно для поиска данных. Следовательно, возникает необходимость разработки приложения для поиска посчитанных параметров фрезерования по каталогу и для расчёта параметров по заданным пользователем произвольным условиям.

Целью настоящей работы является разработка приложения для выбора и расчёта параметров резания в зависимости от типа фрезы. Была спроектирована соответствующая база данных для хранения посчитанных параметров резания и типов инструментов. Так же произведён импорт базы данных из «PDF» (Portable Document Format) каталога и реализовано сохранение в базу данных SQLite после скачивания или обновления приложения, что обеспечивает автономность приложения и позволяет использовать данную программу в производственных условиях с полным отсутствием доступа к сети интернет.

Общая структура приложения. На рисунке 1 приведена общая структура приложения, которое состоит из двух модулей: каталог с заранее посчитанными параметрами резания и калькулятор параметров резания при произвольных условиях.

При загрузке приложения с магазина приложений «AppStore» вместе с ним загружаются данные каталога в формате CSV, которые при первом запуске импортируются в базу данных SQLite, и после этого удаляются. При обновлении приложения файлы с изменениями в базе данных обрабатываются и применяются, а потом так же удаляются, в целях оптимизации.

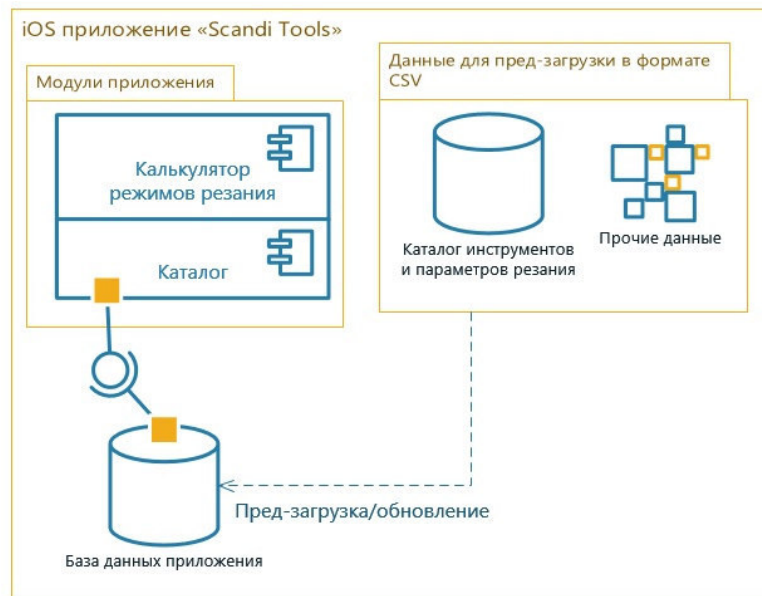


Рис. 1. Общая структура iOS - приложения «Scandi Tools»

Модуль «Каталог». На рисунке 2 представлена BPMN – схема [2] процесса поиска параметров фрезерования из каталога. Из схемы видно, что сперва происходит выбор условий, из которых потом формируется запрос к базе данных, и в конечном результате получают и выводятся на экран параметры резания.

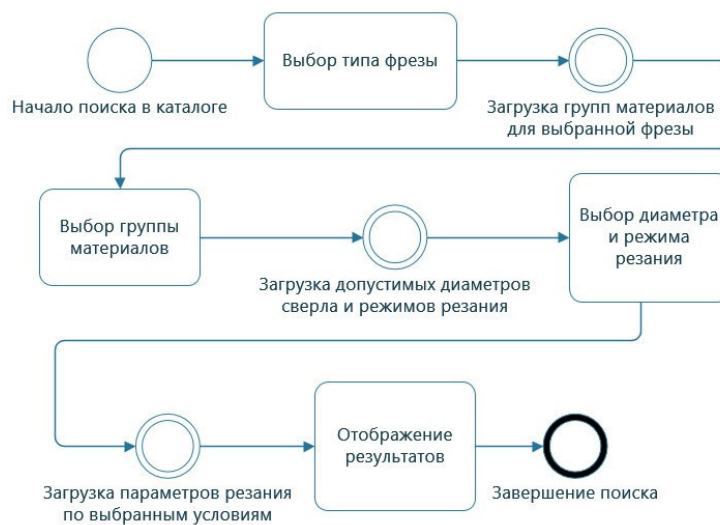


Рис. 2. Схема процесса получения параметров резания из электронного каталога

Для хранения данных электронного каталога была спроектирована база данных с архитектурой, показанной на рисунке 3. Из рисунка видно, что в базе данных всего 4 таблицы: «Tool», «Cutting Data», «Tool Material Group» и «Material Group». Далее каждая из таблиц коротко описана:

- Tool – таблица с фрезами, которые используются на фрезерном станке.
- Cutting Data – параметры резания, индивидуальные для каждого набора «фреза, группа материалов, диаметр фрезы, тип резания».
- Tool Material Group – группы материалов конкретной фрезы.

- Material Group – справочная таблица с группами материалов.

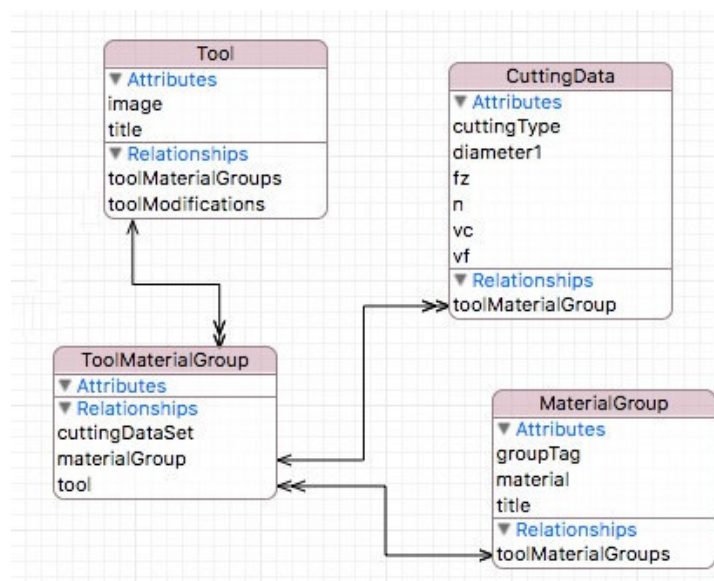


Рис. 3. Производственная схема базы данных

Модуль «Калькулятор». Для расчёта параметров фрезерования по пользовательским условиям был разработан модуль «Калькулятор», в котором параметры резания вычисляются по формулам, предложенным компанией «Scandi Tools», которые в данной статье подробно рассмотрены не будут. Все данные вычисляются «на лету» в фоновом потоке приложения, чтобы основной поток не блокировался, и пользователь не испытывал неудобства в виде задержки реакции интерфейса на пользовательские действия.

Заключение. Была спроектирована структура iOS приложения для расчёта параметров фрезерования. Были подробно описаны модули приложения и их функциональная направленность. Так же была создана база данных и рассмотрена её архитектура.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Каталог «Scandi Tools» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.scanditools.com/download/ScandiTools_Catalogue_2016.pdf. – 23.02.17.
2. Нотация бизнес моделирования процессов BPMN [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.businessstudio.ru/wiki/docs/v4/doku.php/ru/csdesign/bpmodeling/bpmn_notation. – 22.02.17.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ «WHITE LABEL» IPTV ПРИЛОЖЕНИЯ НА ПЛАТФОРМЕ APPLE TV

И.А. Гиберт

Научный руководитель: доцент, к.т.н. М.А. Иванов

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, 634050

E-mail: gibert1993@mail.ru

DESIGN WHITE LABEL IPTV APPLICATION FOR APPLE TV PLATFORM

I.A. Gibert

Scientific Supervisor: docent, M.A. Ivanov

Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk, Lenin str., 30, 634050

E-mail: gibert1993@mail.ru

***Abstract.** Analysis of IPTV/OTT system of “Telebreeze Corporation” company was done and general structure of this system was reviewed. “White label” application for Apple TV was designed and his place in the “Telebreeze Corporation” system was described.*

Введение. Группа компаний «ElecCard» была создана в 1988 году и является одним из лидеров в разработке программных продуктов для кодирования, проигрывания, обработки и редактирования видео и аудио данных в различных форматах. Компания «Telebreeze Corporation» [1] начала свое развитие в группе компаний «ElecCard», при этом специализируется на разработке и внедрении системы для видеовещания через интернет. «Telebreeze Corporation» отделилась и стала самостоятельной компанией на рынке программного обеспечения для IPTV и OTT в 2011 году. Данная компания предоставляет конечным клиентам кроссплатформенное приложение для IPTV. Так как в октябре 2015 года было выпущено последнее, на момент написания данной работы, четвертое поколение (4G) Apple TV, то возникла необходимость разработки приложения на платформе Apple TV.

Целью настоящей работы является проектирование архитектуры приложения Apple TV 4G. Был произведен обзор структуры системы «Telebreeze Corporation» (Telebreeze) и определено место разрабатываемого приложения в системе. Составлены структурная схема компонентов системы IPTV/OTT «Telebreeze Corporation» и схема взаимодействия приложения Apple TV с компонентами системы.

Схема компонентов системы IPTV/OTT «Telebreeze Corporation». На рисунке 1 приведена архитектура компонентов системы Telebreeze на момент написания данной научной работы. Каждый из компонентов системы является обязательным, и система поставляется операторам связи исключительно в полной комплектации, в ином случае по отдельности работа компонентов не гарантирована. Ниже рассмотрены каждый из компонентов системы Telebreeze.

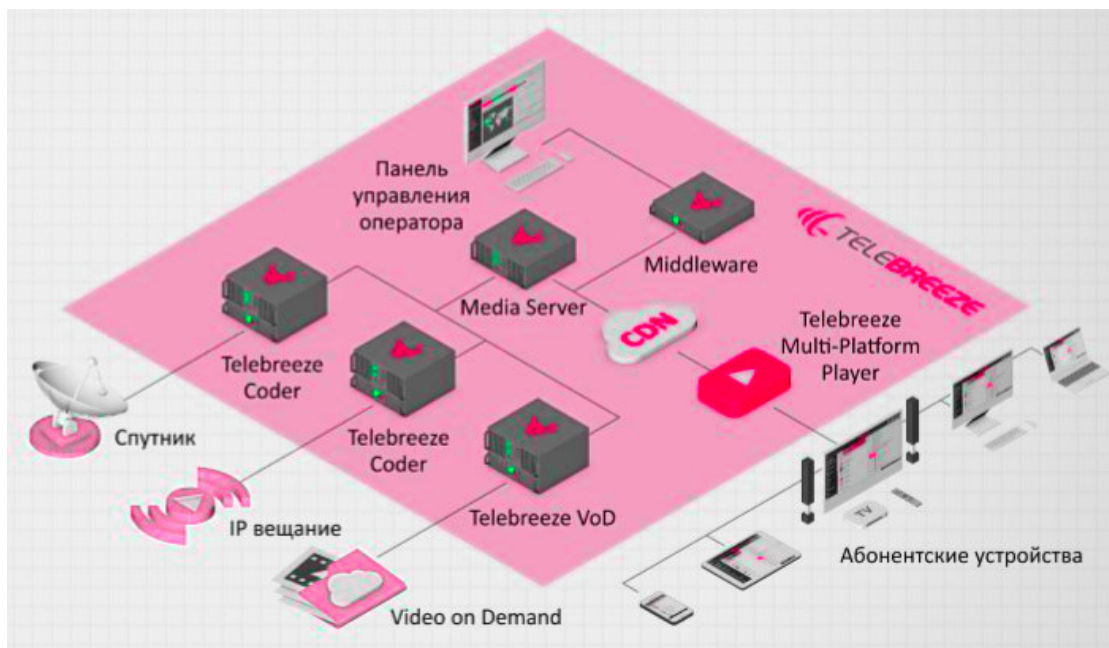


Рис. 1. Архитектура компонентов системы IPTV/OTT «Telebreeze Corporation»

Система Telebreeze состоит из следующих компонентов:

- Middleware – многофункциональное веб-приложение, которое управляет всеми компонентами платформы и позволяет оператору связи осуществлять полный контроль над своим IPTV/OTT бизнесом. Middleware является центральным узлом управления и настройки системы.
- Multi-Platform Player – клиентские приложения для каждой из поддерживаемых платформ. На момент написания статьи система поддерживала следующие платформы: «Web-browsers», «iOS», «MacOS», «Samsung Smart TV», «Samsung Tizen TV», «LG Smart TV», «LG WebOS», «Roku», «Linux», «Enigma2», «Android», «Windows», «Dune HD», «Intek», «Infomir», «TelergyHD».
- Media Server – серверное программное обеспечение, которое обеспечивает доставку медиаконтента конечным пользователям. Для каждого оператора связи устанавливается более одного медиа-сервера, которые образуют распределённую сеть доставки содержимого (Content Delivery Network, «CDN»). Так же на медиа-серверах хранится архив записей прямых эфиров каналов за последние 24 часа, доступный через программу передач. (Electronic Program Guide, «EPG»).
- Coder – компонент, осуществляющий кодирование входного потока в несколько выходных битрейтов/разрешений (Apple HTTP Live Streaming, «HLS»).
- Video on Demand - это высокопроизводительное программное обеспечение для предоставления услуги «видео по запросу» конечным пользователям. Обеспечивает автоматическое перекодирование видео с целью подготовки для вещания в адаптивном формате в наиболее высоком качестве.

Данные компоненты обеспечивают полный функционал системы, который подробно не рассматривается в рамках данной работы.

Архитектура приложения для Apple TV и его взаимодействие с другими компонентами. На рисунке 2 показана спроектированная структура IPTV приложения на платформе Apple TV [2] и его взаимодействие с другими компонентами системы Telebreeze.

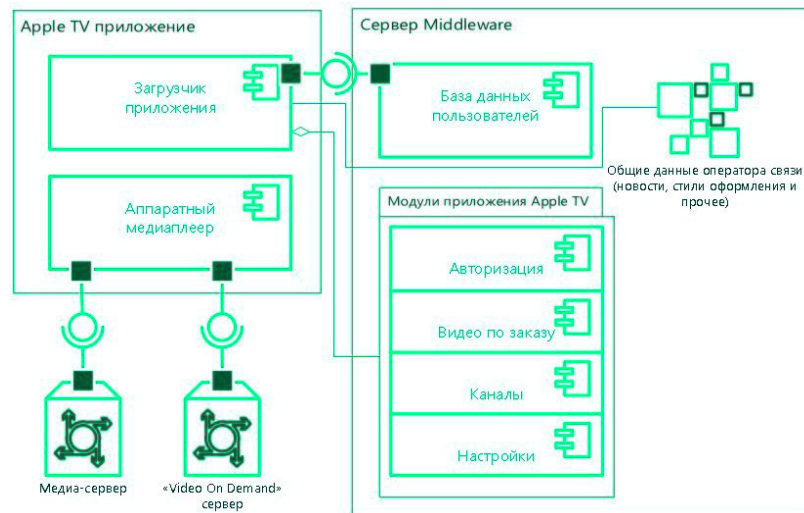


Рис. 2. Схема взаимодействия приложения с компонентами системы

При установке приложения пользователь устанавливает только часть программы в виде «загрузчика». При запуске программы он скачивает с управляющего сервера модули приложения и основные данные оператора связи, такие как логотип и стили оформления. Приложение состоит из следующих модулей:

- Модуль «Авторизация». Авторизация в системе и получение данных пользователя.
- Модуль «Видео по заказу». Отображение категорий видео и подробной информации о видео; формирование ссылки для запроса видео с географически подходящего сервера; воспроизведение видео с помощью аппаратного медиаплеера.
- Модуль «Каналы». Отображение категорий каналов и информации о каналах; составление программы передач; формирование ссылки для воспроизведения прямого эфира канала или из архива; проигрывание ссылки с помощью аппаратного медиаплеера.
- Модуль «Настройки». Настройки приложения.

Заключение. Был проведён обзор системы IPTV/OTT компании «Telebreeze Corporation» и определено место разрабатываемого приложения на платформе Apple TV. Построена и рассмотрена схема, отображающая архитектуру спроектированной программы и её взаимодействие с остальными компонентами системы. Для обеспечения комфортного и быстрого процесса обновления приложения было принято решение предоставлять пользователям программу-загрузчик, которая при запуске загружает самую последнюю версию основных модулей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сайт IPTV/OTT компании «Telebreeze» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.telebreeze.com>. – 20.02.17.
2. App Programming Guide for tvOS [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://developer.apple.com/library/content/documentation/General/Conceptual/AppleTV_PG/YourFirstAppleTVApp.html#//apple_ref/doc/uid/TP40015241-CH3-SW1. – 21.02.17.

**РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ КЮВЕТЫ ДЛЯ ПЛОТТЕРНОЙ СИСТЕМЫ
ПЕЧАТИ КОМПОНЕНТОВ ОРГАНИЧЕСКОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ**

А. Е.Здрок, А. М. Аллануров, А. Г. Лоцилов

Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники (ТУСУР),

Специальное конструкторское бюро «Смена»,

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 40, 634050

E-mail: main@skbsmena.ru

**DEVELOPMENT THE AUTOMATED CUVETTE FOR PLOTTER SYSTEM OF PRINTING OF
COMPONENTS OF ORGANIC ELECTRONICS**

A. E. Zdrok, A. M. Allanurov, A. G. Loshchilov

Tomsk state university of control systems and radioelectronics (TUSUR),

Special design bureau «Smena»

Russian Federation, Tomsk city, Lenin Avenue 40, 634050

E-mail: main@skbsmena.ru

Abstract. This article describes an ink-jet plotter and technology of printed electronics, their advantages and disadvantages. The problem of evaporation of ink which arises in case of operation of plotter system of the printing is discussed. Theoretical and experimental dependence of the rate of evaporation of the solvent from the position of its top-level in the capillary are given. The device and algorithm of functioning of plotter system allowing to reduce effect of evaporation of ink is offered.

Введение. Одной из технологий, которая уже в ближайшем будущем начнет заменять традиционные субтрактивные технологии изготовления печатных плат и изделий микроэлектроники, является печатная (принтерная) технология формирования рисунков функциональных слоев [1].

Плоттерная технология прецизионного дозирования [2] является одним из перспективных методов печати, позволяющий получить высокую однородность пленок и достаточное, для практических целей, пространственное разрешение. Печатающим элементом плоттера является капилляр с жидкостью, на боковой стенке которого закреплен пьезоэлемент. На кончике капилляра под действием вибрации в направлении продольной оси формируется капля чернил. При этом обеспечивается контакт мениска капли с поверхностью подложки, а перемещение капилляра по заданной траектории приводит к отрыву капли и формированию печатного рисунка.

Основным недостатком плоттерной системы [3] является изменение концентрации активного вещества в чернилах вследствие испарения растворителя. Это связано с тем, что печать осуществляется из открытого капилляра, а забор чернил выполняется из открытого сосуда. Настоящая работа направлена на анализ этой проблемы и разработку способа, позволяющего минимизировать эффект испарения растворов при эксплуатации плоттерных систем печати.

Основная часть. Известно выражение для расчета скорости испарения для жидкостей, налитых в открытые цилиндрические сосуды малых диаметров [4]:

$$V_z = \frac{k_t}{h} \cdot \ln \frac{P - \varphi \cdot P_s}{P - P_s}, \quad (1)$$

где h – путь диффузии паров (расстояние от поверхности жидкости до свободного края цилиндра);

k_t – коэффициент диффузии паров при данной температуре;

P – давление воздуха;

P_s – давление насыщенного пара;

$\varphi \cdot P_s$ – давление паров в воздухе.

Из выражения (1) можно заключить, что скорость испарения жидкости (в приближении статического испарения из капиллярных цилиндрических сосудов малых диаметров) обратно пропорциональна расстоянию от уровня жидкости до свободного края сосуда. Необходимо отметить, что такая зависимость описывает идеализированный случай, который не учитывает многие эффекты имеющие место на практике, такие как: зависимость коэффициента диффузии паров от внешнего давления; зависимость скорости испарения от формы сосуда; зависимость скорости испарения от формы поверхности жидкости и т.д.

Поэтому для оценки влияния неучтенных факторов были проведены следующие экспериментальные исследования. Были взяты два цилиндрических сосуда из прозрачного стекла диаметрами 1 и 2 мм. К одному из свободных концов каждого из сосудов через гибкий шланг подключался шприц. После чего сосуды наполнялись тестовой жидкостью. В качестве тестовой жидкости использовался толуол, как один из наиболее часто применяемых органических растворителей. После чего, капилляры устанавливались напротив объектива видеокамеры, и велась запись изменения положения уровня тестовой жидкости от времени.

На основе результатов наблюдений были рассчитаны зависимости скорости испарения жидкости от положения её уровня. Аналогичные расчеты были проведены с использованием выражения (1). На рис. 1 изображены полученные теоретические и экспериментальные зависимости. Было установлено, что экспериментальные зависимости скорости испарения полученные для сосудов диаметром 1 и 2 мм отличаются от теоретической зависимости (1) не более чем на 10% при положении уровня жидкости от открытого края кюветы 7 мм и более. При этом при положении уровня жидкости 12 мм и более скорость испарения снижается более чем в 10 раз по отношению к режиму при котором кювета заполнена полностью. Из этого следует, что для уменьшения интенсивности испарения целесообразно между операциями заправки печатающей головки плоттерной системы поддерживать уровень раствора в сосуде на некотором оптимальном расстоянии от открытого края сосуда.

По результатам исследований было предложено модифицировать плоттерную систему, дооснастив её автоматизированной кюветой [5,6]. При этом алгоритм функционирования модифицированной установки GIX Microplotter II примет следующий вид:

- 1) капилляр плоттера перемещается к кювете с чернилами;
- 2) с помощью дозатора уровень чернил в кювете поднимается до верхнего края, капилляр опускается в кювету;
- 3) под действием капиллярного эффекта происходит забор жидкости в капилляр плоттера, после чего капилляр поднимается;
- 4) с помощью дозатора уровень чернил в кювете опускается до положения обеспечивающего наименьшее испарение, капилляр перемещается в область печати;
- 5) осуществляется печать;
- 6) возврат к шагу № 1, при необходимости.

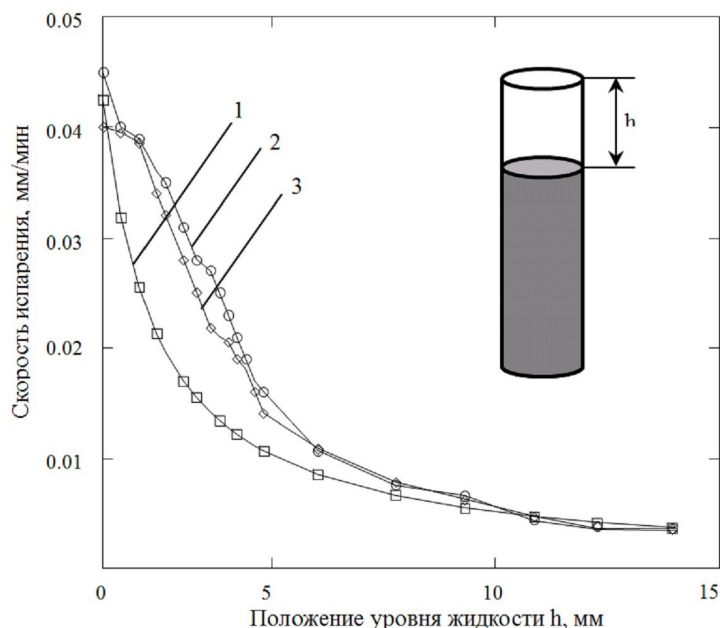


Рис. 1. Зависимости скорости испарения толуола от положения уровня жидкости в кювете:
 1 – теоретическая зависимость; 2 – экспериментальная зависимость (диаметр сосуда 1 мм);
 3 – экспериментальная зависимость (диаметр сосуда 2 мм)

Заключение. Предложены способ, алгоритм и устройство, позволяющие уменьшить интенсивность испарения чернил при эксплуатации плоттерной системы печати. Разумеется, предложенный подход не исключает применения иных механизмов уменьшения интенсивности испарения. Результаты проведенной работы позволили изготовить макет автоматизированной кюветы, который в настоящее время используется в составе плоттерной системы печати [6].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Развитие аддитивных принтерных технологий в электронике / под. ред. проф. Н.Д. Малютина. – Томск: Томск. гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники, 2015. – 69 с., ISBN 978-5-86889-706-1
2. Создание плоттерной системы печати изделий полимерной электроники с элементами термостатирования чернил и подложек / исп. А. Е. Здрок по договору №3884ГУ1/2014, – отчет о выполнении НИР. – 2016 г. – 27с.
3. GIX Microplotter II [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.sonoplot.com/products/gix-microplotter-ii>, свободный (дата обращения: 15.03.17)
4. Мартенс Л.К. Техническая энциклопедия в 26 т. – 1929. – Т. 9. – С. 360-366.
5. Problem of Ink evaporation while using plotter systems to manufacture printed electronic products / A.M. Allanurov, A. E. Zdrok, A.G. Loschilov, N.D. Malyutin.: Procedia Technology, 18, 2014. – ICST 2014, Warsaw, 2014. – P. 19-24.
6. Патент на полезную модель 161448 РФ, МПК В05В 1/08. Устройство плоттерной печати / А. М. Аллануров, А. Е. Здрок, А.Г. Лошилов, Н.Д. Малютин, Л.С. Штенина, Г.И. Гумерова. – № 2015106378/12; заявл. 25.02.15; опубл. 20.04.16, Бюл. № 11. – 2 с.

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ МАЛОСИГНАЛЬНЫХ ЧАСТОТНЫХ
ХАРАКТЕРИСТИК ШУНТОВОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ НАПРЯЖЕНИЯ**

В.А. Кабилов

Научный руководитель: профессор, к.т.н. Семенов В.Д.

Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 40, 634050

E-mail: kva@vipelec.com

**EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF SMALL-SIGNAL FREQUENCY CHARACTERISTICS OF
A BYPASS VOLTAGE CONVERTER**

V.A. Kabirov

Scientific Supervisor: Prof., Ph.D, V.D. Semenov

Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics

Russia, Tomsk, Lenin str., 40, 634050

E-mail: kva@vipelec.com

***Abstract.** In this state we showed results of researches small-signal frequency characteristics of a bypass voltage converter*

Введение. Основной задачей систем электропитания космических аппаратов СЭП КА является поддержание с высокой точностью стабильного выходного напряжения при всех дестабилизирующих факторах, возникающих в системе. Дестабилизирующими факторами для СЭП могут быть: изменение мощности потребляемой нагрузкой, изменение мощности генерируемой первичными источниками питания (солнечными батареями (СБ) как из-за изменения освещенности, так и от их деградации), изменение запасенного заряда в накопителях энергии (аккумуляторных батареях как из-за их разряда, так и от их деградации), выход из строя узлов внутри самой СЭП КА. Отклонение стабилизированного выходного напряжения в статике задается обычно около 1% от номинального значения. Отклонение выходного напряжения в динамических режимах, при воздействии всех возмущающих факторов, не задается обычно около 2-5% от номинального значения, при этом длительность переходных процессов должна быть не более нескольких миллисекунд.

Статические и динамические характеристики СЭП КА в первую очередь определяются быстродействием контура стабилизации напряжения, а именно корректирующим звеном. Выбор корректирующего звена является сложной и противоречивой задачей, потому что импульсный преобразователь является и импульсным и нелинейным объектом управления. Существует множество методик синтеза корректирующего звена [1]. По мнению автора наиболее интересным является метод синтеза с использованием логарифмической амплитудно-частотной характеристики (ЛАЧХ). Но для того чтобы воспользоваться этим методом, необходимо получить малосигнальную (линеаризованную) модель импульсного преобразователя и определить передаточную функцию разомкнутого контура (объекта

управления) нескорректированной системы. Один из методов нахождения малосигнальной модели преобразователей с ШИМ модуляцией приведен в [2].

После получения линеаризованной передаточной функции объекта управления (линеаризованной передаточной функции разомкнутого контура нескорректированной системы) ее необходимо проверить для исключения вычислительных ошибок и ошибок линеаризации. Для этого достаточно сравнить частотные характеристики полученной линеаризованной передаточной функции объекта управления с частотными характеристиками разомкнутого контура нескорректированной системы, снятыми экспериментально. Метод экспериментального измерения амплитудно-частотных характеристик разомкнутого контура нескорректированной системы с ШИМ приведен в [3]. В качестве экспериментального объекта исследования удобно применять имитационную импульсную модель шунтового преобразователя (ШП), построенную, например, в среде MATLAB.

Моделирование. Произведем экспериментальную проверку теоретически полученной передаточной функции разомкнутой нескорректированной системы с шунтовым преобразователем напряжения в качестве импульсного преобразователя. Шунтовой преобразователь применяется в СЭП КА в качестве преобразователя энергии, получаемой от солнечных батарей. На рис.1 приведена эквивалентная схема стабилизатора напряжения (СН), с источником питания $I_{БС}$ и нагрузкой R_n . СН состоит из ШП и контура регулирования. Контур регулирования включает в себя сумматор S , корректирующее звено $W_{кз}$ и модулятор ШИМ. На вход сумматора S поступает сигнал опоры u_{ref} и напряжение U_{C3} с выхода преобразователя. В качестве модулятора используем широтно-импульсный модулятор первого рода (ШИМ I) с запаздыванием на один такт развертывающего сигнала. Такой модулятор реализуется в цифровых системах управления на основе микроконтроллеров.

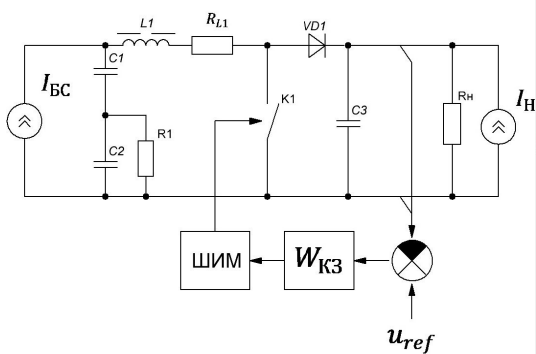


Рис. 1 Эквивалентная схема СН.

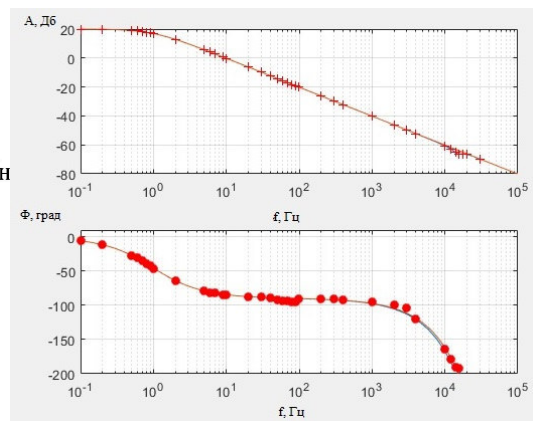


Рис 2. ЛАЧХ и ЛФЧХ шунтового преобразователя

ШП состоит из входного фильтра на элементах (C_1 , C_2 , L_1 , R_1), транзисторного ключа K_1 , полупроводникового диода VD_1 и емкостного выходного фильтра на конденсаторе C_3 . Дроссель L_1 и последовательно соединенные конденсаторы C_1 и C_2 рассчитываются из условия подавления пульсаций на входе преобразователя до необходимого уровня, при минимальных габаритах, а сопротивление R_1 , необходимое для уменьшения добротности входного фильтра, выбирается по методике, описанной в [4]. Конденсатор C_3 выбирается из условий подавления пульсаций выходного напряжения и уменьшения

выходного сопротивления СЭП КА. Кроме основных элементов в схеме учтено «паразитное» сопротивление R_{L1} дросселя L1.

ШП применяется при работе БС на токовой ветви вольт-амперной характеристики, поэтому для упрощения анализа заменяем солнечную батарею идеальным источником тока I_{BC} . Нагрузкой ШП будем считать постоянное сопротивление R_n и регулируемый источник тока I_n .

Параметры преобразователя, полученные расчетным путем, указаны в таблице 1.

Таблица 1

Параметры эквивалентной схемы шунтового преобразователя

Обозначение	C1	C2	R1	L1	R_{L1}	C3	R_n	I_{BC}	I_n
Значение	1 мкФ	1 мкФ	10 Ом	170 мкФ	33 мОм	1200 мкФ	Изменяется в диапазоне 13.5 .. 135 Ом	7.4 А	Импульсное: от 0 до 4 А.

Выражение для линеаризованной передаточной функции разомкнутой нескорректированной системы, полученное теоретически, является громоздким, имеет четвертый порядок. Однако его, без ущерба для точности, можно упростить и записать в виде:

$$W_p(p) = \frac{R_n I_{BC}}{R_n C3 p + 1} e^{-\tau p} \quad (1)$$

На рис. 2. приведены логарифмические амплитудно- и фазо- частотные характеристики ЛФЧХ ЛФЧХ шунтового преобразователя, построенные по точной линеаризованной передаточной функций (сплошная коричневая линия), упрощенной передаточной функции (сплошная синяя линия) по выражению (1) и экспериментально измеренные значения ЛАЧХ и ЛФЧХ, полученные на имитационной модели ШП в среде MATLAB, отмеченные знаками «+» и «.» соответственно.

Из рисунка видно, что амплитудно- и фазо- частотные характеристики точной передаточной функций и упрощенной передаточной функции хорошо совпадают и имеют небольшое отклонение на частотах 10 до 20 кГц, лежащих далеко за частотой среза.

Вывод. Синтез корректирующего звена СН, построенного на основе шунтового преобразователя, можно проводить, применяя приближенное выражением (1), в качестве передаточной функции его малосигнальной модели.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бурцева Ю.С. Беспойсковый метод расчета настроек регуляторов на минимум квадратичного критерия. Москва: дис.. канд. тех. наук. Московского энергетического института, 2014.
2. Мелешин В.И., Овчинников Д.А. Управление транзисторными преобразователями электроэнергии. Москва: Техносфера, 2011.
3. Четти П. Проектирование ключевых источников электропитания: Пер. с англ. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 240 с.
4. Казанцев Ю.М., Гордеев К.Г., Лекарев А.Ф., Черданцев С.П., Гаврилов А.М. Токовый преобразователь энергии солнечной батареи в системе электропитания космических аппаратов// Известия Томского политехнического университета. 2011. - Т.319. - №4 - С. 148-153

**ВЫБОР МЕТОДА СЕГМЕНТАЦИИ ДАННЫХ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ
АУТЕНТИФИКАЦИИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ КЛАВИАТУРНОГО ПОЧЕРКА**

М.О. Калмыков, Е.В. Рассказов, И.В. Горбунов

Научный руководитель: с.н.с., к.т.н. И.В. Горбунов

Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники,

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 40, 634050

E-mail: kmo.azure@gmail.com, rev7.azure@gmail.com, giv@keva.tusur.ru

**CHOSING METHOD OF THE KEYSTROKING DATA SEGMENTATION FOR INCREASING
AUTHENTICATION ACCURACY**

M.O. Kalmykov, E.V. Rasskazov, I.V. Gorbunov

Scientific Supervisor: Senior Reseacher, Ph.D. I.V. Gorbunov

Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics,

Russia, Tomsk, Lenin str., 40, 634050

E-mail: kmo.azure@gmail.com, rev7.azure@gmail.com, giv@keva.tusur.ru

***Abstract.** The main advantages of the dynamic authentication type like the keystroking were described in the work. The necessity to apply data segmentation before building new and upgrading existing user keystroking profiles were proved. The main advantages of the data segmentation algorithms were shown, and the results of the analysis of the work applicability to the keystroking data were presented.*

Введение. Распространённые на текущий момент методы аутентификации успешно обходятся. Например, смс с кодом уведомления достаточно просто прочитать на любом современном телефоне. Табличные схемы достаточно надежны, но как правило сервисы предлагают скинуть доступ по ней с помощью все того же смс. Аппаратные ключи отделимы от человека и могут быть украдены. Использование отпечатков пальцев требует специального датчика, более того человек в ходе своей жизни часто оставляет свои отпечатки на поверхностях и в случае получения образа злоумышленниками отпечаток данного пальца больше не следует использовать для аутентификации в других системах [1].

Исходя из всех вышеперечисленных недостатков различных методов аутентификации, следует, что данные методы ненадёжны, и, поэтому, в качестве альтернативы был рассмотрена аутентификация на основе клавиатурного почерка (КП). Данный подход не требует специального оборудования для снятия проверяемых характеристик. Метод уникальный в своём роде, однако, существует вероятность ошибок первого и второго рода. Вследствие постоянной вялотекущей изменчивости характеристик КП человека требуется периодическое обновление профиля КП, что в свою очередь повышает требования к ограниченным вычислительным ресурсам, особенно при растущем количестве активных пользователей, а как следствие ведущем к быстрому росту количества данных о вводе каждого пользователя. Сегментация данных КП позволит уменьшить вероятность ошибок первого и второго рода, а также увеличит быстрдействие системы при построении и обновлении профилей КП [2].

Экспериментальная часть. На данный момент существует огромное множество методов сегментации данных, ниже представлена наиболее широко используемая классификация данных

методов [3–5]: вероятностные – предполагается, что каждый рассматриваемый объект относится к одному из k классов (k -средние; EM-алгоритм; другие); методы, основанные на системах искусственного интеллекта - весьма условная группа, так как методов очень много и методически они весьма различны (c -средних; нейронная сеть Кохонена; генетический алгоритм; другие); теоретико-графовые (алгоритм выделения связанных компонент; алгоритм минимального покрывающего дерева; другие); и другие (алгоритмы семейства KRAB; DBSCAN; и т.д.).

В качестве рассматриваемых алгоритмов были выбраны основные методы, а также их достоинства и недостатки указаны в таблице 1. В качестве критериев для сравнения были выбраны наиболее важные критерии для выбора метода сегментации данных КП пользователя, к ним относятся: вычислительная сложность алгоритма сегментации, размер формируемого кластера, а также его форма. В таблице использованы следующие обозначения: n – объём сегментируемых данных, k – количество кластеров, l – число итераций, m – общее количество нейронов в слое, p – размерность входного пространства.

Таблица 1

Выявление основных достоинств и недостатком выбранных алгоритмов кластеризации

Алгоритм	Вычислительная сложность	Размеры кластеров	Форма кластера
Ближайший сосед	$O(n^2)$	Произвольные	Произвольная
Наиболее удалённый сосед	$O(n^2)$	Произвольные	Произвольная
k -средние	$O(n * k * l)$	Примерно равные	Гиперсфера
c -средние	$O(n * k * l)$	Примерно равные	Гиперсфера
Самоорганизующиеся карты Кохонена	$O(l * n * p) + O(l * m * n) + O(m^2)$	Примерно равные	Гиперсфера
Метод Уорда	$O(n * k * \log n)$	Примерно равные	Гиперсфера

В результате анализа основных достоинств и недостатков алгоритмов кластеризации, рассмотренных в рамках применимости данных алгоритмов к сегментации данных КП, был выбран метод Уорда. Достоинствами данного алгоритма являются: высокая скорость работы метода, при чём, как показала практика, данный алгоритм «разгоняется» в процессе своей работы (чем меньше векторов остаётся разнести по кластерам, тем растёт его скорость работы), также к достоинствам алгоритма относится, что алгоритм старается создать кластера одинакового размера, и кластера имеют форму гиперсферы, что также является достоинством, применимо к сегментации данных КП.

При реализации данного модуля сегментации данных, на вход данного алгоритма, в качестве сегментируемых данных, подавались данные пользователей, которые входили в систему безопасного облачного хранения аутентификационных данных «Lockout» [6]. Векторы данных, подаваемые на вход модуля, имеют вид:

$$L_i = \{a_1, c_1, a_2, c_2, \dots, a_n, c_n, full, min, max, click\}$$

где: i – номер вектора КП пользователя, $i = 0, 1, 2, \dots, n$, L_i – вектор КП пользователя, a_j – время нажатия на клавиатуру, c_j – время удержания клавиши, Время a_j и c_j считаются относительно a_1 , $full$ – полное время набора кодового слова, min – время между нажатием на близлежащие клавиши, max – время между

нажатием на самые отдалённые клавиши, *click* – количество нажатий на экран/клавиатуру после набора кодового слова и до момента нажатия на кнопку «Вход». При расчёте переменных *min* и *max*, клавиатура пользовательского устройства представлялась в виде координатной плоскости, где каждая клавиша имеет координату. Так, например, при разборе кодовой фразы «НИРЗ», наибольшее расстояние будет между буквой «Р» и цифрой «З», а минимальное, между «И» и «Р».

В качестве выходных данных, является набор векторов пользователей с соответствующими номерами кластеров. На рис. 1 представлена модель чёрного ящика кластеризации данных, по методу Уорда, КП пользователей при входах в систему.

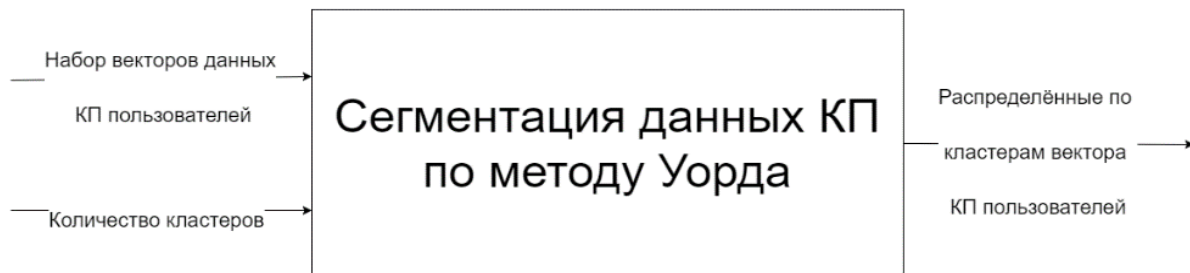


Рис. 1. Модель чёрного ящика кластеризации данных КП, по методу Уорда

Заключение. В результате практического применения данного алгоритма, реализованного в качестве модуля сегментации данных КП в системе безопасного хранения аутентификационных данных «Lockout», было выявлено, что при внедрении данного модуля сегментации, время работы алгоритма формирования профилей пользователей с их портативных устройств, уменьшилось в 2,437 раза.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Обмануть сканер отпечатков можно при помощи обычного струйного принтера [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://xakep.ru/2016/03/09/2d-printed-fringerprints/>. – 13.09.2016.
2. Агурьянов И. Клавиатурный почерк как средство аутентификации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.securitylab.ru/blog/personal/aguryanov/29985.php>. – 10.10.2016.
3. Liu H., Motoda H. Instance selection and construction for data mining. – Dordrecht: Springer Science + Business Media, 2001. – 432 p.
4. Gan G., Ma C., Wu J. Data Clustering Theory, Algorithms, and Applications. – Philadelphia: SIAM, 2007. – 488 p.
5. Fasulo D. An Analysis of Recent Work on Clustering Algorithms // Technical report. – 1999. – No. 01-03-02. – P. 1–23.
6. Lockout [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.lockout.keys&hl=ru>. – 20.12.2016.

РАСПОЗНАВАНИЕ ГОЛОСА В СИСТЕМАХ БЕЗОПАСНОСТИ

Н.Я. Корнилов

Научный руководитель: старший преподаватель каф. ЭМИС А.А. Матолыгин

Томский университет систем управления и радиоэлектроники,

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 40, 634050

E-mail: centauri368@gmail.com

VOICE RECOGNITION IN SAFETY SYSTEMS

N.Ya. Kornilov

Scientific Supervisor: Senior teacher of the dep. EMIS A.A. Matolygin

Tomsk University of Control Systems and Radioelectronics,

Russia, Tomsk, Lenin str., 40, 634050

E-mail: centauri368@gmail.com

***Abstract.** This article discusses the problem of biometric way of identifying a person, in particular, voice recognition for safety system. The algorithm for obtaining the speaker's voice model is described. In this paper, the method of Mel-frequency cepstral coefficients (MFCC) is considered for distinguishing the distinctive features of the speaker. Besides, speaker recognition by voice may be used in criminal investigations, forensics and radio reconnaissance.*

Введение. Существует ряд ситуаций, в которых пользователю мобильного устройства необходимо подтвердить свое право на доступ к информации. Подтверждение такого права осуществляется с помощью кодов авторизации: пароля, графического ключа, отпечатка пальца и иных способов. Иногда такие средства верификации личности либо неудобны, либо не обеспечивают необходимой степени защиты. Поэтому, в дополнение к таким традиционным средствам, целесообразно использовать биометрические параметры человека. Преимущество биометрии заключается в том, что эти параметры всегда находятся при человеке, их нельзя забыть, потерять, передать другому человеку, украсть и задача их воспроизведения является чрезвычайно трудоемкой.

Системы распознавания говорящего по голосу строятся на принципе отличия голосов разных людей друг от друга. Распознавание говорящего – это процесс определения на основе характеристик речевого сигнала, принадлежит ли данное высказывание конкретному диктору. Системы распознавания человека по голосу подразделяются на два вида: идентификацию и верификацию говорящего [1].

Под идентификацией понимают процесс определения человека по образцу голоса. При этом результатом является идентификатор диктора, зарегистрированного в системе, модель голоса которого наиболее вероятно соответствует входному образцу. Верификация является процессом, при котором с помощью сравнения представленного образца с хранимой в базе моделью проверяется запрошенная идентичность. Результатом является подтверждение человека или отрицательный ответ системы.

Материалы и метод исследования. В работе [2] по распознаванию диктора доминирует метод кепстрального преобразования спектра речевых сигналов.

Кепстр [3] – энергетический спектр функции $\ln|S(\omega)|^2$, определяемый выражением:

$$c_s(q) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \ln |S(\omega)|^2 e^{i\omega q} d\omega,$$

где $|S(\omega)|^2$ – спектральная плотность энергии сигнала.

Другими словами, кепстр определяет последовательность коэффициентов разложения функции $\lg[\Phi(z)]$ в степенной ряд.

Схема этого метода такова (рис. 1): на интервале времени в 10–20 мс вычисляется текущий спектр мощности, затем применяется обратное преобразование Фурье от логарифма этого спектра (кепстр), и находятся коэффициенты кепстра [2]:

$$c_n = \sum_{m=1}^M [\log S(m)] \cos\left(\frac{\pi n}{M} \left(n - \frac{1}{2}\right)\right),$$

где c_n – мел-кепстральный коэффициент под номером n ;

S_m – амплитуда m -го значения в кадре в мелах;

M – наперед заданное количество мел-кепстральных коэффициентов;

$n \in [1, M]$.

Свойства слуха учитываются путем нелинейного преобразования шкалы частот, обычно в шкале мел. Мел – психофизическая единица высоты звука, основанная на восприятии звука слуховым аппаратом человека. Шкала мел вычисляется как

$$M(f) = 1127 \cdot \ln\left(1 + \frac{f}{700}\right),$$

где f – частота в герцах;

M – частота в мелах.

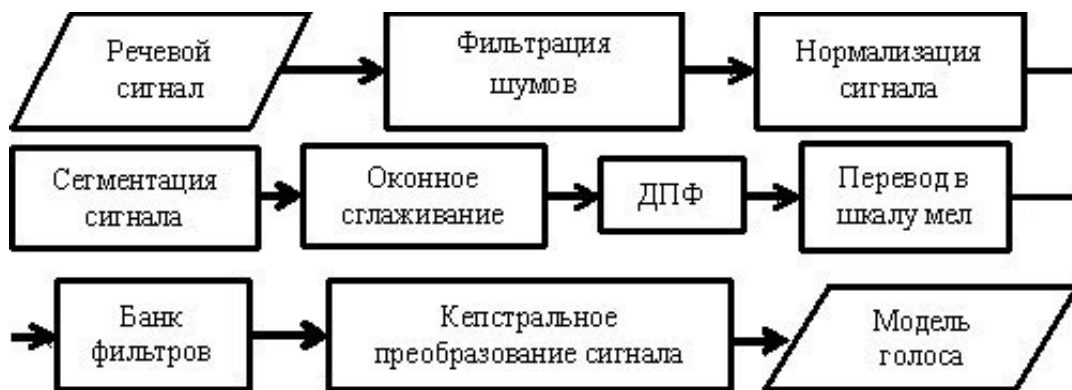


Рис. 1. Алгоритм формирования модели голоса

Коэффициенты кепстрального преобразования формируют пространство, в котором и производится распознавание диктора.

Кепстр описывает форму огибающей спектра сигнала, в которой интегрируются характеристики источников возбуждения и формы речевого тракта. В экспериментах по субъективному распознаванию голоса было установлено, что огибающая спектра сильно влияет на узнаваемость голоса [4]. Поэтому

использование того или иного способа анализа огибающей спектра в целях распознавания диктора оправдано.

Наиболее популярны методы аппроксимации плотности вероятности в пространстве признаков взвешенной смесью нормальных распределений (GMM – Gauss Mixture Models), метод опорных векторов (SVM – Support Vector Machines), метод скрытых Марковских моделей (HMM – Hidden Markov Models), искусственные нейронные сети, а также модификации факторного анализа [2].

Хотя распознавание по голосу не может гарантировать стопроцентную правильность результата, оно может довольно эффективно использоваться в таких областях, как криминалистика и судебная экспертиза; разведка; антитеррористический мониторинг; безопасность; банковское дело [2].

Результаты. В данной работе система распознавания диктора по голосу разрабатывается для мобильных устройств с операционной системой Android. Результаты выполнения работы:

- разработано приложение на платформе Android;
- разработан пользовательский интерфейс Android-приложения;
- реализована запись речевого сигнала с микрофона;
- реализована сегментация сигнала и ее обработка в окне;
- получена спектрограмма речевого сигнала;
- преобразован спектр в шкалу частот мел.

Заключение. Распознавание людей по голосу в наше время является одним из важных приложений речевых технологий. Это обусловлено развитием информатизации общества, постоянным наращиванием потоков передачи данных по различным каналам связи, которые требуют защиты от несанкционированного доступа, ростом значения автоматической обработки данных, а также нарастающим использованием автоматических речевых технологий. Системы распознавания говорящего по индивидуальным характеристикам вызывают большой интерес – как в научных, так и коммерческих кругах. Задача распознавания человека по голосу была поставлена более 40 лет назад, но все еще остается актуальной для исследований.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зюко А.Г., Кловский Д.Д., Назаров М.В., Финк Л.М. Теория передачи сигналов: Учебник для вузов. – М.: Связь, 1980. – 288 с.
2. Сорокин В.Н. Распознавание личности по голосу: аналитический обзор / В.Н. Сорокин, В.В. Вьюгин, А.А. Тананыкин // Информационные процессы. – 2012. – Т. 12. – № 1. – С. 1–30.
3. Кепстр: электронная энциклопедия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Кепстр>. – 17.05.2016.
4. Itoh K. Perceptual analysis of speaker identity / K. Itoh // Speech Science and Technology. – 1992. – P. 133–145.

**ПРИМЕНЕНИЕ ЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ЗНАНИЙ ДЛЯ КЛАССИФИКАЦИИ ФИЗИЧЕСКОГО
ПОВЕДЕНИЯ ОБЪЕКТОВ**

М.И. Кочергин

Научный руководитель: профессор, д.т.н. В.М. Дмитриев

Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники,

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 40, 634050

E-mail: max24kochergin@gmail.com

**USING THE LOGICAL MODEL OF KNOWLEDGE REPRESENTATION FOR CLASSIFYING
OBJECT'S PHYSICAL BEHAVIOR**

M.I. Kochergin

Scientific Supervisor: Prof., Dr. V.M. Dmitriev

Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics, Russia, Tomsk, Lenin str., 40, 634050

E-mail: max24kochergin@gmail.com

***Abstract.** The paper says about using the logical model of knowledge representation for classifying object's physical behavior in natural language text descriptions of problems in physics and technics. The structure of intelligent system implementing formalization of text description is suggested. The purpose of formalization is preparing representation of a problem for modeling.*

Введение. Компьютерное моделирование занимает важное место при проведении исследований в области техники и физики, открывает широкие возможности по изучению свойств различных систем, а также прогнозированию их поведения и проведению вычислительных экспериментов. Этапу моделирования некоторого объекта предшествует этап его формализации – представления объекта в виде формальной системы (чаще в математическом виде), пригодной для моделирования. Затем при необходимости полученная формальная модель приводится к канонической форме выбранного метода моделирования, если это требуется (например, к формату метода компонентных цепей [1]).

Физико-технические задачи. Под физической задачей будем понимать постановку некоторой проблемы из области физики, решаемой с помощью математических действий, логических умозаключений или эксперимента и состоящей из условия (описания некоторого физического процесса) и требования (проблемы, которую необходимо решить). Физико-технические задачи – инженерные задачи, решаемые с помощью различных физических знаний. Они более сложны по своей структуре, относятся к специализированным разделам физики и имеют определенное практическое значение.

При описании некоторого объекта физической или физико-технической задачи можно выделить 2 типа его поведения: физическое (описываемое законами физики) и логическое (алгоритм поведения объекта, включающий условия, ограничения или порядок выполнения действий).

По исходному представлению задачи делятся на: 1) задачи с хорошо структурированными исходными данными (ХСИД), т.е. представленные почти в формальном виде (известны все элементы задачи и связи между ними), например, в виде функциональных схем, рисунков (гидравлика, электротехника и др.); 2) задачи со слабо структурированными исходными данными (ССИД), в которых

структура задачи скрыта или задана неявно (чаще всего представлены на естественном языке, т.е. в виде текста), например, физические задачи кинематики и динамики. В таких задачах бывает трудно выделить значимые элементы, факторы и критерии. В связи с этим заранее невозможно определить состав и конечный вид компонентов задачи. Помимо структурированности их представления задачи классифицируются и по полноте их содержания на 3 типа: 1) задачи с недостающими данными, 2) задачи с необходимыми данными, 3) задачи с избыточными данными.

Ввиду необходимости моделирования физико-технических задач с ССИД, а также избыточными или недостаточными данными актуальным является разработка программных средств формализации задач [2]. Автоматизация процедуры формализации позволит исследователю акцентировать свою деятельность на моделировании и дальнейшей работе с задачей, а не предварительной обработке данных, а также исключит из задачи избыточные данные и дополнит недостающими.

Автоматизация процедуры формализации. Наиболее востребованной является разработка средств автоматизированной формализации текстов в социогуманитарных областях, где объектами анализа выступают тексты СМИ, интернет-тексты и др. При этом процедура формализации информации направлена на решение ряда таких задач, как извлечение информации об объектах и их связях в тексте, идентификация автора, поиск мнений и суждений, семантический поиск, автореферирование текста и пр. Разработка средств автоматизированной формализации в области моделирования физико-технических задач также является актуальной и позволяет решать следующие задачи: 1) приведение слабо структурированных задач к хорошо структурированному представлению, пригодному для моделирования; 2) решение логических задач (поиск противоречий, поиск недостаточных и избыточных данных); 3) визуализация формальных моделей (в виде схем); 4) приведение задачи к канонической форме метода; 5) обучение процедуре формализации и моделирования.

Также такие программные средства необходимы для поддержки процедуры итерационного создания модели – интерактивного режима взаимодействия с пользователем, позволяющего определить нужную степень детализации модели. Разработка средств автоматизированной формализации требует привлечения методов извлечения информации и использования баз знаний предметной области, к которой относится исследуемый объект. Кратко опишем состав разрабатываемого модуля формализации физико-технических задач и функции его подмодулей.

1. *Анализатор* текста производит автоматический анализ текста, его семантическую разметку (выделение сущностей и их связей), на выходе формирует взвешенный ориентированный семантический граф, в котором вершины – слова (сущности), дуги – предикаты (отношения).

2. *Структуризатор* задачи производит классификацию найденных сущностей, используя информацию из базы данных сущностей предметной области (которая содержит списки слов-маркёров параметров объектов, единиц измерения), а затем формирует структуру логического поведения объектов в задаче. Структура логического поведения представляется ориентированным графом, в котором вершины – *акты* (промежутки времени, на которых объект характеризуется физическим поведением, например, равноускоренное движение), а дуги – *переходы* (события, которые характеризуют смену физического поведения или его параметров, например, столкновение). При этом каждой вершине ставится в соответствие целое число – порядковый номер *состояния* системы объектов в задаче, характеризующего некоторый продолжительный момент времени в задаче.

3. *Классификатор* объектных моделей производит классификацию физического поведения объекта по набору его параметров на основании правил, имеющихся в *базе знаний физических законов*.

4. *Идентификатор* моделей отношений производит математическое описание межобъектных связей. Идентификатор использует базу знаний общего типа, содержащую концепты: «часть-целое», «меньше-больше», «пространство-время» и пр.

Модуль формализации может быть дополнен модулем синтеза компонентной цепи задачи для автоматизированного построения компьютерной модели задачи в формате метода компонентных цепей.

Базы знаний. Программный модуль автоматизированной формализации физико-технических задач использует несколько баз знаний. *База знаний физических законов* (объектных моделей) содержит правила вывода в виде логических формул, которые позволяют каждому *акту* деятельности объекта поставить в соответствие *объектную модель*, описывающую его физическое поведение на этом участке времени. Ниже представим некоторые правила этой базы на языке алгебры предикатов. Для этого будем использовать предикаты: $OM(X, Y, Z)$ – на участке времени X физическое поведение объекта Y характеризуется физическим законом Z ; $P(X, Y, Z)$ – на участке времени X физическое поведение объекта Y характеризуется параметром Z .

$OM(X, Y, 'v = s / t') \leftarrow P(X, Y, \text{скорость}) \wedge P(X, Y, \text{путь}) \wedge P(X, Y, \text{время}) \wedge \neg (P(X, Y, \text{ускорение}))$.

$OM(X, Y, 'v = w * r') \leftarrow P(X, Y, \text{скорость}) \wedge P(X, Y, \text{угловая_скорость}) \wedge P(X, Y, \text{радиус})$.

$OM(X, Y, 'p = m * v') \leftarrow P(X, Y, \text{импульс}) \wedge P(X, Y, \text{масса}) \wedge P(X, Y, \text{скорость})$.

$OM(X, Y, 'F = m * a') \leftarrow P(X, Y, \text{сила}) \wedge P(X, Y, \text{масса}) \wedge P(X, Y, \text{ускорение})$.

Во время формализации текста задачи *структуризатор* формирует набор фактов об исследуемом объекте в виде предикатов $P(X, Y, Z)$, например, « $P(\text{состояние}_1, \text{велосипедист}, \text{скорость})$ ». *Классификатор* объектных моделей в свою очередь включает в себя интерпретатор логических формул, который производит подстановку предикатных аргументов в каждое правило, проверяя их на истинность. Если правая часть является истинной, то база фактов пополняется новым фактом из левой части правила, и интерпретатор продолжает работу.

Заключение. Физико-технические задачи с ССИД характеризуются неявным или скрытым представлением информации об объектах задачи и межобъектных связях. Помимо этого, такие задачи могут не содержать необходимых данных или содержать избыточные. Для приведения таких задач к виду, пригодному для моделирования, необходимо производить их формализацию. Для автоматизации классификации физического поведения объектов в исследуемой задаче разрабатываемые программные средства формализации используют логическую модель представления знаний. Основное назначение модуля формализации – приведение физико-технических задач с ССИД к виду задач с ХСИД.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дмитриев В.М. Построение компьютерных моделей многофракционных физико-химических систем газопромысловых объектов в формате метода компонентных цепей / В.М. Дмитриев, Т.В. Ганджа, А.В. Шутенков // Доклады ТУСУР. – 2012. – Т. 2. – № 1. – С. 145–150.
2. Кочергин М.И. Формализация текстовых условий задач по физике / М.И. Кочергин, К.С. Кочергина // Доклады ТУСУР. – 2016. – Т. 19. – № 1. – С. 65–68.

**ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ
ТЕРМОСТАТИРОВАННЫМ ИСПАРИТЕЛЕМ**

Д.В. Краснов, Е.С. Санжиев

Научные руководители: Т.В. Лях, А.С. Розов

Институт автоматики и электрометрии Сибирского отделения РАН,

Россия, г. Новосибирск, просп. Академика Коптюга, 1, 630090

Новосибирский государственный университет,

Россия, г. Новосибирск, ул. Пирогова, 2, 630090

E-mail: egorsanzhiev@gmail.com

SOFTWARE FOR CONTROL AUTOMATION OF THERMOSTATED EVAPORATOR

D.V. Krasnov, E.S. Sanzhiev

Scientific Supervisors: T.V. Lyakh, A.S. Rozov

Institute of Automation and Electrometry of the Siberian Branch of RAS,

Russia, Novosibirsk, Pirogova st., 630090

Novosibirsk State University,

Russia, Novosibirsk, Pirogova st., 2, 630090

E-mail: egorsanzhiev@gmail.com

***Abstract.** We developed software for two-level control automation system. The system is designed to control a vacuum deposition machine. The system has three modes: manual heater temperature control mode, manual heater power control mode and automatic mode. Developed software provides high reliability, stability and maintainability. The software was tested on the imitator and on the machine.*

Введение. В настоящее время халькогенидные стеклообразные полупроводники используются для улучшения характеристик оптических элементов в информационных и космических технологиях, приборостроении и других отраслях. Существует несколько способов нанесения пленок на поверхность оптических материалов. Одним из них является термовакuumное напыление.

В Институте автоматики и электрометрии СО РАН отрабатывается технология нанесения халькогенидов на оптическую поверхность путём вакуумного напыления на установке УВН-71П-3. Недостатком данной установки является наличие только ручного режима управления, при котором невозможно обеспечить повторяемость процесса напыления и получение заданной точности требуемых параметров.

Отсюда вытекает потребность в автоматизации процесса напыления.

Для решения проблемы в тематической группе 16-1 ИАиЭ СО РАН была разработана двухуровневая архитектура системы автоматизации, состоящая из микроконтроллера и ПК оператора, обменивающихся данными по последовательному интерфейсу.

Целью работы поставлена разработка программного комплекса системы автоматизации установки вакуумного напыления.

Экспериментальная часть. В ходе работы была выбрана методика программирования микроконтроллера на языке Industrial C, позволяющая обеспечить высокую надежность, устойчивость и сопровождаемость разрабатываемой системы. Для обмена данными с ПК был выбран протокол передачи данных верхнего уровня ModBus. Протокол ModBus не позволяет передавать числа с плавающей точкой [1], в связи с чем было разработано и реализовано соответствующее расширение.

Разработана и реализована архитектура ПО микроконтроллера, обеспечивающая обмен данными с ПК, ПИД-регулирование, получение данных с термопары, автоматизированное управление установкой УВН-71П-3. В качестве инструментального средства разработки ПО ПК оператора была выбрана платформа LabVIEW, обеспечивающая удобство разработки графического интерфейса и работы с параллельным исполнением [2]. Был реализован графический интерфейс оператора, модуль взаимодействия с микроконтроллером, поддерживается возможность задания технологического процесса из конфигурационного файла.

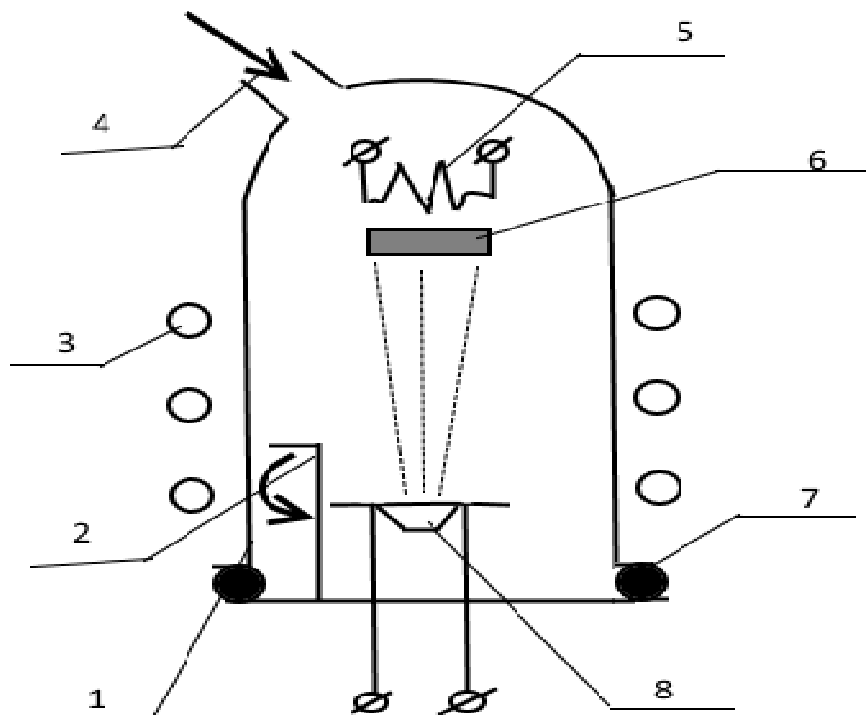


Рис. 1. Схематическое изображение камеры термовакуумного испарителя:

- 1 – вакуумный колпак;
- 2 – заслонка;
- 3 – трубопровод водяного охлаждения колпака;
- 4 – натекаль подачи атмосферного воздуха;
- 5 – нагреватель подложки;
- 6 – подложкодержатель с подложкой, на которой размещается трафарет;
- 7 – герметизирующая прокладка из резины;
- 8 – испаритель с размещенным в нем веществом

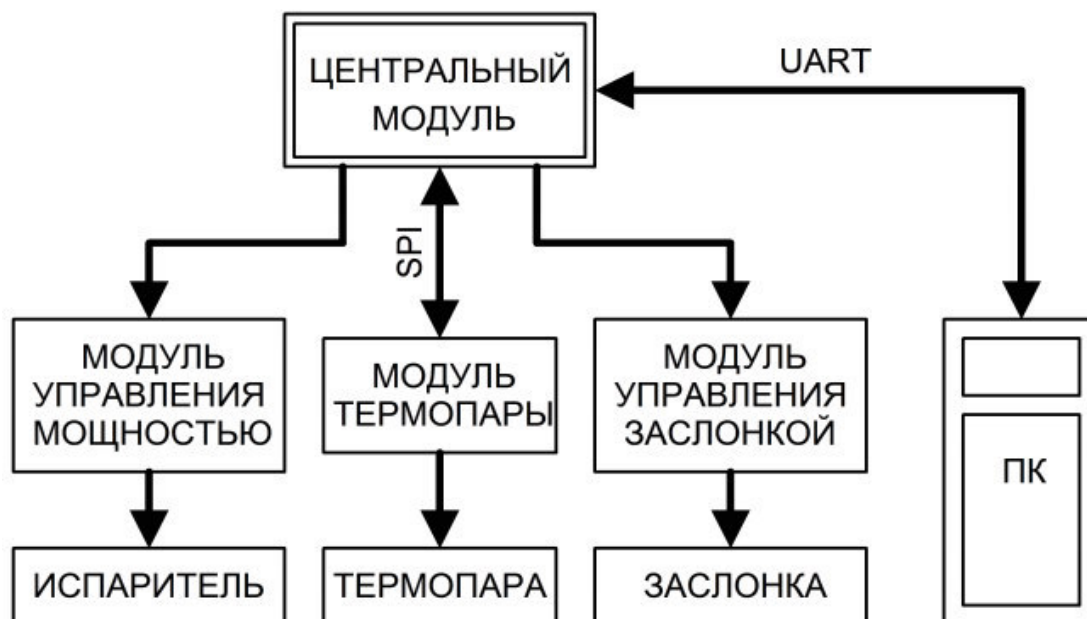


Рис. 2. Схема архитектуры системы автоматизации

Результаты. Система обеспечивает три режима работы: режим ручного управления температурой, режим ручного управления мощностью нагревателя и автоматический режим. Система была протестирована на имитаторе и на целевой установке.

В дальнейшем планируется расширение системы путем добавления оптического контроля толщины напыления и контролем скорости напыления.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Modbus application protocol specification V1.1b [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.modbus.org/docs/Modbus_Application_Protocol_V1_1b.pdf. – 2017. 03.10.
2. Bress T. Effective LabVIEW Programming. – Austin: NTS Press, 2013. – 720 p.

ПОСТРОЕНИЕ И АНАЛИЗ СВЕРХБОЛЬШИХ СЕМАНТИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

Т.С. Лебедева, Е.Ю. Костюченко

Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники,

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 40, 634050

E-mail: key@keva.tusur.ru

CONSTRUCTION AND ANALYSIS OF SUPER SEMANTIC NETWORKS

T.S. Lebedeva, E.Y. Kostyuchenko

Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics,

Russia, Tomsk, Lenin str., 40, 634050

E-mail: key@keva.tusur.ru

***Abstract.** Within the framework of the work, an algorithm for constructing super-large semantic networks has been developed. It was tested using the Internet encyclopedia "Wikipedia" as an example. During the implementation, a parser for the syntax analysis of Wikipedia pages was developed. It finds the links between the articles. A graph based on list of articles and categories was formed. On the basis of the obtained graph analysis, algorithms for finding domains of high connectivity in a graph were proposed and tested.*

Введение. В самом конце XX века Альберта Барабаши и Реки Альберт опубликовали в своей статье модель сетевой структуры, которая формируется по правилу предпочтительного связывания. Модель представляла собой выращенный из графа-затравки случайный динамический граф. Это дало начало анализу социальных сетей в целом [1–4]. Данная модель, именуемая безмасштабная сеть (англ. *scale-free network*) в достаточной мере способна отобразить социальные, коммуникационные, биологические системы, а также графы цитирования [4].

Данная работа нацелена на создание методики поиска областей высокой связности в семантическом графе, получаемом при анализе такой сети. Тестирование проводится на электронной энциклопедии Википедия. Каждая статья, раскрывая описываемое в ней понятие, ссылается на соответствующие статьи согласно семантическим потребностям в интерпретации этого понятия. Задевая новые, смежные, косвенно или прямо зависимые понятия, создается сеть неизученных связей между областями знаний.

Поиск областей высокой связности. Выбор способа хранения и сбор данных более подробно описаны в [5]. В ходе исследований был реализован предложенный алгоритм работы с полученным семантическим графом (рис. 1). Основу алгоритма составляют два цикла – на добавление вершин и на удаление. Это позволяет оперативно контролировать состав предполагаемой предметной области, добавляя в нее новые вершины и удаляя вершины, переставшие удовлетворять критерию вхождения. Добавление вершин идет постепенно, с каждой новой добавленной вершиной параметры связности с предметной областью остальных вершин, находящихся в предметной области или за ее пределами, меняются.

Рассматривается несколько вариантов критерия включения вершины в предметную область.

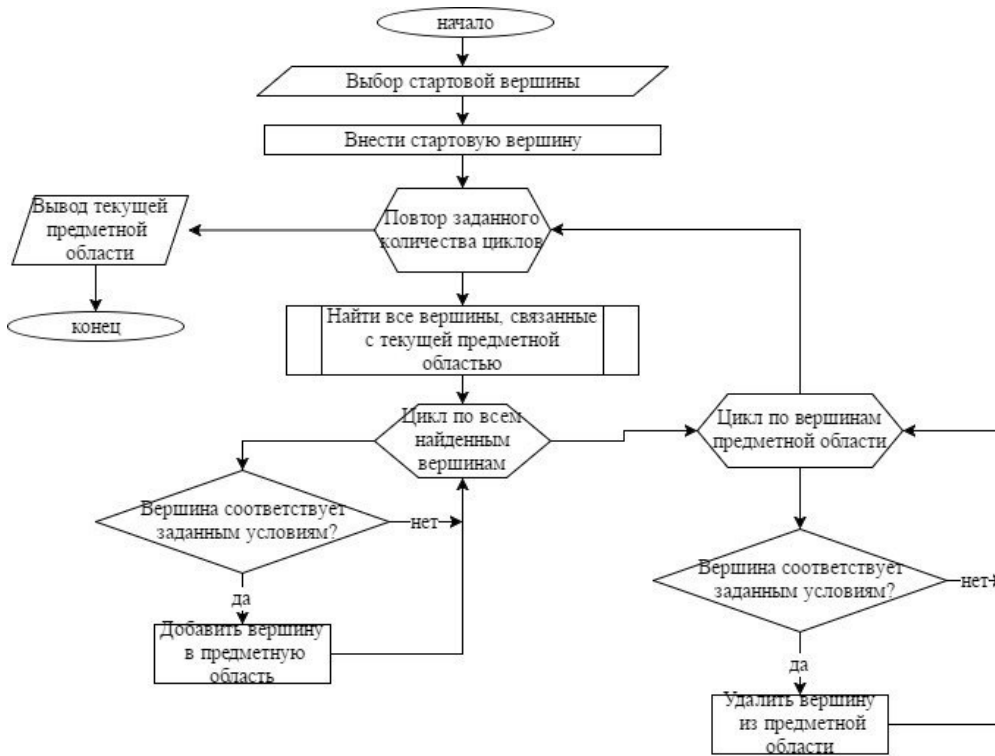


Рис. 1. Алгоритм нахождения областей высокой связности в предметной области

$$N = \frac{\text{количество связей вершины с ПО}}{\text{количество связей в ПО}}; K = \frac{\text{количество связей вершины с ПО}}{\text{количество всех связей вершины}}$$

N показывает, какой вклад связей вершина вносит в предметную область. Чем больше таких вершин в предметной области, тем сильнее связь внутри нее и тем быстрее она стабилизируется. При проверке проводится сравнение значения рассчитанного критерия для рассматриваемой вершины с пороговым значением. При превышении вершина добавляется (оставляется) в предметной области, в противном случае не добавляется (удаляется). Параметр K отвечает за значимость вклада для самой вершины.

Однако, тестирование данных двух вариантов критерия выявило следующие недостатки: вершины, имеющие мало связей, не могут попасть в сформированную по первому критерию предметную область, даже если все связи ведут в предметную область. С другой стороны, с помощью первого критерия мы можем контролировать объем формируемой предметной области. Второй вариант алгоритма не сужает предметную область из-за непрерывно растущего знаменателя дроби, область растет безгранично. Предложена комбинация этих двух критериев (через «или» на добавление и через «и» на исключение вершин). Размер в зависимости от значений порогов K и N представлены в таблице 1. Из таблицы четко видна зависимость между размером предметной области и параметрами. Следующим шагом проводимых исследований станет проверка устойчивости сформированной предметной области в зависимости от стартовой вершины. Очевидно, что предметная область для двух вершин, входящих в нее должна слабо отличаться в зависимости от стартовой вершины. По предварительным итогам тестирования это не так. Проводится доработка предложенного критерия для обеспечения устойчивости формируемой предметной области.

Таблица 1

Зависимость размеров предметной области от пороговых значений, прочерк – область не стабилизируется

K	N	0,01	0,02	0,05	0,1	0,2
0,33	-	-	-	-	-	-
0,5	-	123	49	63	28	
0,53	-	96	46	24	12	
0,7	128	84	45	24	9	
0,9	114	85	45	24	9	
1	114	85	45	24	9	

Заключение. В ходе работы реализовано построение семантического графа с учетом большого числа связей между вершинами и оптимизации поиска вершин, смежных с рассматриваемыми. Разработан алгоритм построения предметной области. Экспериментально выявлены и теоретически обоснованы недостатки применения каждого из критериев вхождения по отдельности. Предложена комбинация этих критериев, позволяющих получать стабильную предметную область, проведено исследование зависимости ее размера от значений порогов. Выявлена проблема устойчивости формируемой предметной области в зависимости от стартовой вершина. Решению данной проблемы будет посвящен следующий этап исследования. Кроме того, в случае формирования эталонных вариантов предметных областей возможно применение метаэвристических методов, базирующихся, например, на глубоком обучении нейронных сетей [6].

Благодарности. Проект выполнен в рамках базовой части государственного задания министерства образования и науки Российской Федерации на 2017–2019 гг. Номер 8.9628.2017/БЧ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Евин И.А. Введение в теорию сложных сетей / И.А. Евин // Компьютерных исследования и моделирование. –2010. – Т. 2. – № 2. – С. 121–141.
2. Barab’asi L.A. Emergence of scaling in random networks / L.A. Barab’asi, R. Albert // Science. – 1999. – V. 286. – P. 509–512.
3. Barab’asi L.A. Scale-free characteristics of random networks: the topology of the world-wide web / L.A. Barab’asi, R. Albert, H. Jeong // Physica A. – 2000. – V. 281. – P. 69–77.
4. Albert R. Diameter of the world-wide web/ R. Albert, H. Jeong, L.A. Barab’asi // Nature. – 1999. – V. 401. – P. 130–131.
5. Лебедева Т.С. Поиск предметных областей на основе большого семантического графа / Т.С. Лебедева, Е.Ю. Костюченко // Многоядерные процессоры, параллельное программирование, ПЛИС, системы обработки сигналов. – 2016. – №. 6. – С. 145–152.
6. Kipyatkova I.S. Variants of deep artificial neural networks for speech recognition systems / I.S. Kipyatkova, A.A. Karpov // SPIRAS Proceedings. – 2016. – V. 49. – No. 6. – P. 80–103.

**СИСТЕМА ЗАЩИЩЕННОГО УДАЛЕННОГО ДОСТУПА
К ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫМ РЕСУРСАМ ФАКУЛЬТЕТА БЕЗОПАСНОСТИ ТУСУР**

Н.В. Малахов, А.С. Ковтун

Научный руководитель: доцент, к.т.н. А.А. Конев

Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники,

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 40, 634050

E-mail: mnv1@keva.tusur.ru

**SECURE REMOTE ACCESS TO COMPUTING SOURCES OF THE FACULTY OF SECURITY
SYSTEM**

N.V. Malakhov, A.S. Kovtun

Scientific Supervisor: Assoc. Prof., Ph.D. A.A. Konev

Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics, Russia, Tomsk, Lenin str., 40, 634050

E-mail: mnv1@keva.tusur.ru

***Abstract.** In the process of work was created a structure of secure remote access to computing sources of the faculty of security system, a list of information security threats, a list of protective measures, expert evaluation of risks has been done. As a result of work on the basis of lists of threats and protective measures was realized and configured secure remote access to computing sources of the faculty of security system, technical and economic rationale, work protection questions have been done.*

This work was partially supported by the Ministry of Education and Science of Russia, Government Order no. 2.8172.2017/BP (TUSUR)

Введение. Развитие концепции электронного обучения является одним из приоритетных направлений деятельности Минобрнауки РФ. Подтверждением этого служат законодательные акты РФ, в которых определяется роль электронного обучения [1]. Для реализации концепции электронного обучения на факультете безопасности (ФБ) ТУСУР разработали и успешно используют информационно-образовательную среду (ИОС). ИОС ФБ предоставляет следующие возможности:

- ведение журнала успеваемости;
- централизованное хранение учебно-методического комплекса, прием работ студентов и их хранение в течение установленного законом срока;
- проведение видеоконференций с другими ВУЗами, в том числе иностранными;
- своевременное уведомление студентов о предстоящих событиях;
- проведение самостоятельных и контрольных работ с генерируемыми вопросами и автоматической проверкой таких работ;
- работа с тренажерами, для отработки шаблонных навыков студентов;
- проведение занятий с использованием системы моделирования.

В силу специфики обучения на ФБ, множество лабораторных работ выполняется на виртуальных машинах. Виртуальные машины, в свою очередь, могут содержать в себе коммерческие операционные системы и коммерческое программное обеспечение, которые не могут распространяться свободно.

Текущий вариант работы ИОС подразумевает выполнение лабораторных работ в компьютерных классах ФБ. Но даже эта мера не может гарантировать соблюдение студентами правил использования таких виртуальных машин.

В целях контроля за соблюдением правил использования виртуальных машин, экономии аудиторного фонда и материальных средств на обновление компьютеров в аудиториях целесообразным является предоставление возможности работы с виртуальными машинами удаленно.

Исходя из вышеизложенного была поставлена цель – обеспечить удаленный доступ к вычислительным ресурсам ФБ.

Разработка и внедрение. Основываясь на том, что большинство компьютеров на факультете безопасности работают под управлением ОС семейства Windows, в качестве программной составляющей осуществляющей доступ клиентов к вычислительным ресурсам факультета была выбрана Microsoft Remote Desktop. Для использования этого протокола необходимо чтобы целевой компьютер имел внешний IP адрес и открытый порт 3389. Для большого количества компьютеров целесообразно использовать шлюз удаленных рабочих столов [2]. Шлюз удаленных рабочих столов использует протокол удаленного рабочего стола RDP поверх протокола HTTPS, что позволяет обеспечить безопасное соединение с шифрованием между удаленными пользователями Интернета и ресурсами внутренней сети, необходимыми для работы пользовательских приложений.

Структура разработанной системы удаленного доступа к вычислительным ресурсам ФБ, основанная на текущем аппаратно-программном оснащении факультета, представлена на рис. 1.

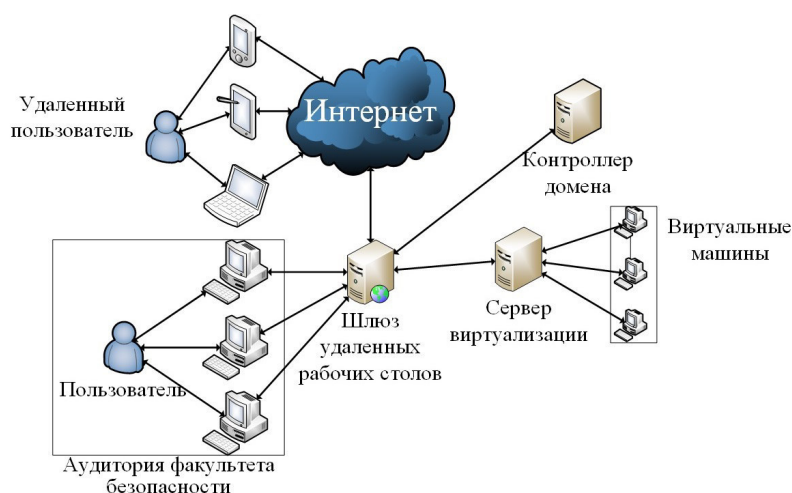


Рис. 1. Логическая структура системы удаленного доступа к вычислительным ресурсам ФБ

Для разработанной системы удаленного доступа был составлен перечень угроз информационной безопасности, которые могут быть реализованы и характерны для подобных систем. После применения защитных мер, остаточные риски реализации угроз ИБ не превышают приемлемого уровня, определенного экспертной группой.

Результаты. Внедрение разработанной системы защищенного удаленного доступа к вычислительным ресурсам факультета безопасности изменило структуру ИОС ФБ, обновленная логическая структура представлена на рис.2. Новый процесс выполнения лабораторных работ представлен на рис. 3.

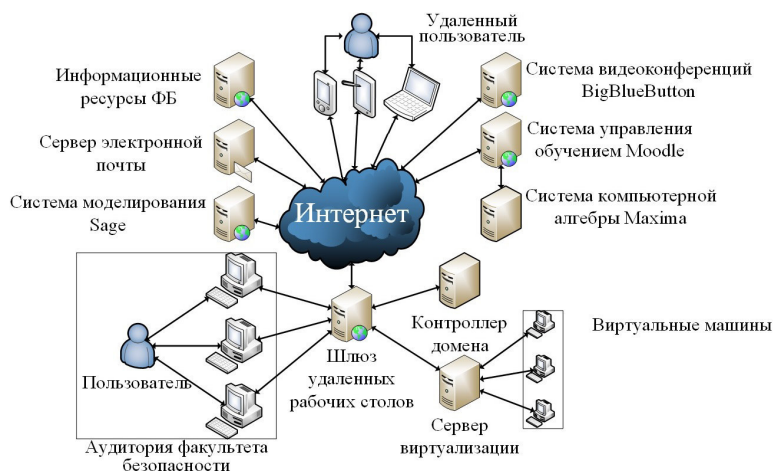


Рис. 2. Обновленная логическая структура ИОС ФБ

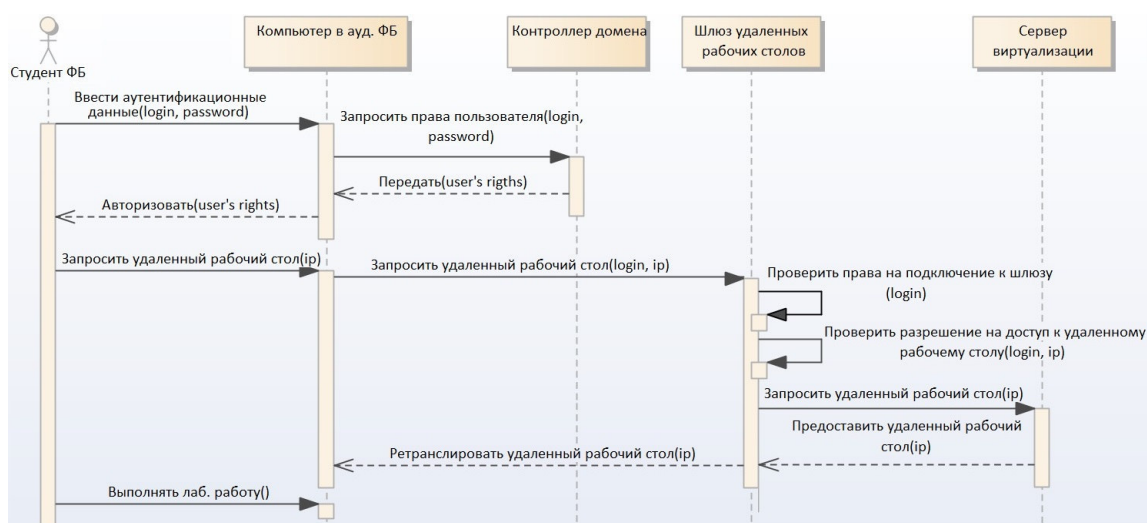


Рис. 3. Процесс выполнения лабораторных работ с использованием разработанной системы

Выводы. Итогом выполнения работы стало расширение возможностей ИОС ФБ за счет добавления возможности удаленного выполнения лабораторных работ студентами, возможности подключения к своим рабочим компьютерам преподавателями факультета, сокращение эксплуатационных издержек оборудования, упрощение наращивания вычислительных мощностей ФБ ТУСУР.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ в рамках базовой части государственного задания ТУСУР на 2017–2019 год (проект №2.8172.2017/БЧ).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Об утверждении порядка применения организациями, осуществляющими образовательную деятельность, электронного обучения, дистанционных образовательных технологий при реализации образовательных программ. – Приказ Минобрнауки РФ № 2 от 9 января 2014 г.
2. Хант К. TCP/IP Сетевое администрирование – М.: Символ-Плюс, 2016. – 816 с.

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ НЕСКОЛЬКИМИ КВАДРАКОПТЕРАМИ

М.И. Мальцев

Научный руководитель: А.А. Матолыгин

Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники,

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 40, 634050

E-mail: mishamltsv1@gmail.com

DEVELOPMENT OF MANAGEMENT SYSTEM OF MULTIPLE QUADRACOPTERS

M.I. Maltsev

Scientific Supervisor: A.A. Matolygin

Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics, Russia, Tomsk, Lenin str., 40, 634050

E-mail: mishamltsv1@gmail.com

***Abstract.** This report examines the method of controlling several quadrocopters. Each separate quadrocopter based on the microcontroller "Arduino" is proposed to be used as a signal transmitter using a wireless "Wi-Fi" network, which allows increasing the command signal range. As a control panel, it is proposed to use a smartphone based on the Android operating system.*

Введение. Изначально, беспилотные летательные аппараты (БПЛА) применялись исключительно в военных целях [1]. Они использовались в качестве авиационных мишеней, баллистических ракет, а также в качестве способа разведки и наблюдения. Однако, с появлением глобальных систем позиционирования, таких как (GPS) [2], ГЛОНАС, Бэйдоу, изобретением и развитием микроконтроллеров, созданием уменьшенных копий бесколлекторных электродвигателей и литий-полимерных аккумуляторов, возможность создания различного вида радиоуправляемой техники произвольных форм и размеров получила новый толчок к развитию. Уменьшение составляющих беспилотных дронов дало возможность создавать миниатюрные аналоги летательных аппаратов. На данный момент развитие получили квадрокоптеры [3] – летательные аппараты с четырьмя несущими винтами, вращающимися в диагонально противоположных направлениях. Благодаря своей мобильности, компактности, относительной дешевизны и функциональности, квадрокоптеры приобрели высокую популярность и нашли применение в разнообразных сферах деятельности человека, например в военном деле, строительстве, журналистике, кинематографе, перевозке грузов и т.д.

Управление не одним, а сразу несколькими аппаратами позволяет получить некоторые преимущества. В этом случае оператору необходимо всего лишь отдать команду группе дронов на выполнение определенной задачи, при этом, не принимая непосредственное управление на себя. Идея управления несколькими дронами привела к попыткам создания специализированных систем, способных обеспечить стабильный обмен информацией между участниками своеобразной сети, состоящей из отдельных квадрокоптеров.

На данный момент, такие системы разрабатываются и тестируются для использования в военном деле. Они представляют собой организованные группы беспилотников, предназначенных для ведения радиолокационной борьбы и разведки. Однако, данную систему можно использовать не только в

военных целях. На данный момент, технологии позволяют изменять как внутреннюю структуру самих микро-летательных аппаратов, так и выбирать методы управления ими, что открывает определенные возможности в плане конфигурации для создания аналогов подобной системы для использования в гражданских целях.

Целью исследования является разработка проекта системы управления несколькими квадрокоптерами.

Материалы и методы исследования. Управление подобными аппаратами осуществляется при помощи специального устройства, называемого пультом управления. Пульт управления использует радиосигналы определенной частоты для передачи информации. С появлением и распространением беспроводной сети «Wi-Fi» [4], появилась возможность использовать в качестве пульта управления не только специализированные контроллеры, но и другие устройства, способные взаимодействовать с данной сетью. Примером таких устройств являются широко распространенные смартфоны, использующие, преимущественно, операционную систему «Android» [5]. При оснащении квадрокоптера «Wi-Fi» передатчиком, дрон превращается в мобильную станцию, способную получать и передавать сигналы «Wi-Fi» сети. Использование смартфона в качестве пульта управления позволит изменять, добавлять и редактировать траектории полета или маршруты, а также управлять, при необходимости, каждым квадрокоптером отдельно. Возможность управления со смартфона при помощи беспроводной сети «Wi-Fi» позволяет: добавлять новые функции управления, не изменяя при этом внутреннюю структуру пульта управления (в данном случае, смартфона), путем изменения программного кода используемого приложения; управлять не одним, а несколькими квадрокоптерами; не оснащать дрон дополнительными передатчиками для осуществления управления; выводить передаваемую информацию сразу на экран, так как не все пульты управления имеют встроенный дисплей, а, следовательно, требуют дооснащения. Помимо этого, используя сеть «Wi-Fi», можно организовать взаимодействие нескольких единиц дронов. Это позволяет увеличить потенциальную дальность сигнала управления не за счет усиления его мощности, а за счет передачи этого сигнала между объединенными в единую сеть квадрокоптерами.

Результаты. Результатом работы является проект системы, способной обеспечить взаимодействие между собой нескольких единиц квадрокоптеров, и использующей для этого в качестве пульта управления смартфон на операционной системе «Android», в качестве метода передачи сигналов - беспроводную сеть «Wi-Fi», а также квадрокоптеры на базе микроконтроллеров «Arduino» [6] в качестве единиц управления.

Заключение. С развитием технологий изменилась роль беспилотных летательных аппаратов в различных сферах человеческой деятельности. Если раньше это были дорогие и сложные в эксплуатации машины, требующие на свое создание и обслуживание внушительные финансовые и материальные средства, то сейчас - это продукция, доступная широкому кругу потребителей и не требующая для своего использования специальных навыков управления подобной техникой. Благодаря этому, такой вид летательных аппаратов как квадрокоптеры получил развитие в качестве гражданских летательных аппаратов, применимых в городской среде в виде инструментов для профессиональной и любительской видеосъемки, развлечения, доставки почты и т.д.

С развитием технологий появилась возможность использовать в качестве устройства для управления не только специализированные пульта, но и другие устройства. На данный момент, такими устройствами являются обычные смартфоны на базе операционной системы «Android», которая, при помощи своего инструментария, позволяет создавать мобильные приложения, способные осуществлять передачу и прием сигналов от квадрокоптеров.

Использование квадрокоптеров в совокупности, как единой системы, имеет свои преимущества. Передача и получение сигнала не только от пульта управления, но также и от других квадрокоптеров, позволяет увеличить дистанцию этого сигнала, не прибегая при этом к его усилению. Это значит, что, потенциально, можно увеличить дальность контроля над дроном, а также, передавая и принимая сигналы от других квадрокоптеров, использовать их в качестве некой структуры для решения определенного рода задач, например, панорамной фото и видеосъемки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дистанционно управляемые подрывные машины [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://topwar.ru/94474-distancionno-upravlyaemye-podryvnyemashiny-semeystva-borgward-sdkfz301-germaniya.html>. – 21.11.2016.
2. Богданов М.Р. Применения GPS-ГЛОНАСС. – М.: ИД ИНТЕЛЕКТ МОСКВА, 2012. – 136 с.
3. Мультикоптеры [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://geektimes.ru/hub/multicopters>. – 22.11.2016.
4. Беспроводной доступ Wi-Fi [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://wifi.sampo.ru/about> – 23.11.2016.
5. Android [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.android.com/intl/ru_ru. – 24.11.2016.
6. Arduino Home [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.arduino.cc/>. – 24.11.2016.

**ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ СИМВОЛЬНО–КОНКРЕТНОГО ТЕСТИРОВАНИЯ И
МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ОБНАРУЖЕНИЯ УЯЗВИМОСТЕЙ
ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ**

А.А. Мещеряков

Научный руководитель: доцент, к.т.н. В.С. Горбатов
Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»,
Россия, г. Москва, Каширское ш., 31, 115409
E-mail: aameshcheryakov@mephi.ru

**AUTOMATION VULNERABILITY DISCLOSURE USING CONCOLIC TESTING AND MACHINE
LEARNING**

A.A. Meshcheryakov

Scientific Supervisor: Associate Professor, Ph.D. V.S. Gorbатов
National research nuclear university "MEPhI",
Russia, Moscow, Kashirskoe shosse, 31, 115409
E-mail: aameshcheryakov@mephi.ru

***Abstract.** Security testing is important stage of software development life cycle. However, security testing requires considerable time from highly skilled security experts. The aim of the article is to describe techniques for reducing the number of false positives and false negatives in the automation vulnerability disclosure process. This paper is about an approach for software vulnerabilities discovery using concolic testing and machine learning techniques. Machine learning techniques are used to reduce the number of execution paths during concolic testing. This approach can be used to automate security testing. In this paper, security test cases and traces of previous version of software and similar software are used for training dataset for our models. This scheme of automation vulnerability disclosure will be used to build automation security testing system of software.*

Введение. Безопасность остается одним из главных приоритетов при разработке программного обеспечения (ПО) на протяжении последних лет. Однако, как показывает практика большинство разрабатываемых приложений уязвимо к тем или иным атакам. Так исследование безопасности финансовых приложений [1], проведенное компанией Positive Technologies, показало, что все анализируемые системы дистанционного банковского обслуживания содержали уязвимости по крайней мере среднего уровня риска, при этом почти в каждой из систем (90%) были обнаружены критически опасные уязвимости. Схожую статистику по наличию уязвимостей имеют и приложения, написанные для других отраслей экономики и сфер деятельности.

Для получения приемлемого уровня защищенности разрабатываемых приложений компании внедряют процессы обеспечения безопасности в жизненный цикл разработки ПО (Security Development Lifecycle - SDL) [2]. Одной из обязательных практик SDL является анализ безопасности ПО. Ручной анализ безопасности требует больших затрат времени высококвалифицированных специалистов, что приводит к повышению стоимости разрабатываемого ПО и увеличению сроков выпуска продукта и его

новых версий. В связи с этим для повышения эффективности работы специалистов компаниями применяются различных инструменты автоматизации обнаружения уязвимостей. На текущий момент сформировались три основных подхода: статический, динамический и смешанный анализ. Каждый из указанных подходов имеет свои недостатки, затрудняющие построение на его основе системы автоматизации обнаружения уязвимостей, описанные в работе [3]. Так обнаружение уязвимостей методом статического анализа подвержено ошибкам первого (ложноположительные срабатывания) и второго рода (пропуск ошибок безопасности). В то время как значительным недостатком динамического анализа является значительные временные затраты на обеспечение качественного покрытия кода анализируемой программы.

Материалы и методы исследования. Одним из подходов позволяющий объединить статический и динамический анализ является символьно-конкретное тестирование (concolic testing) [4]. Символьно-конкретное тестирование - это метод поиска дефектов, который на основе символьного выполнения осуществляет генерацию тестовых данных с целью максимизировать процент покрытия кода для увеличения вероятности нахождения уязвимостей ПО.

Одним из ограничений метода символьно-конкретного тестирования является проблема экспоненциального роста количества проходимых путей, что затрудняет его применение для анализа безопасности реальных систем. В данной работе предлагается применение технологии машинного обучения для уменьшения числа символьных переменных и сокращения количества тестовых наборов, что должно ограничить количество проходимых путей и соответствующее время анализа.

Использование технологии машинного обучения активно исследуется для решения проблем функционального тестирования ПО (например, в работе [5]). Однако, применение этой технологии для тестирования безопасности пока мало изучено. В данной работе предлагается использование алгоритмов машинного обучения для повышения качества процесса тестирования безопасности программного обеспечения. Применение подобного подхода позволит повысить уровень безопасности программного обеспечения и сократить затраты эксперта на анализ результатов работы средств тестирования. Ключевая идея состоит в автоматической классификации обработанных трасс выполнения и символьных переменных на основе данных, полученных при тестировании прошлых версий программного обеспечения, а также других приложений схожей функциональности. Таким образом, все наборы тестовых данных делятся на два класса в зависимости от возможности возникновения на конкретном наборе дефекта безопасности.

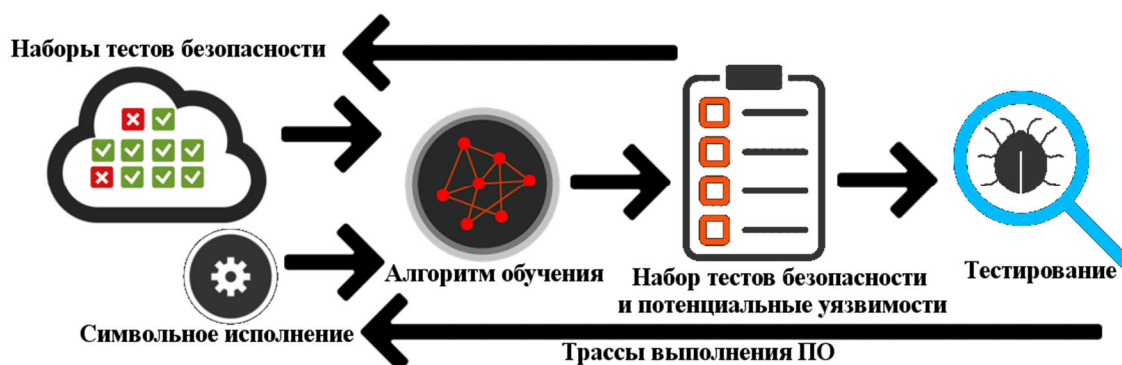


Рис. 1. Общая схема работы системы тестирования.

Для определения уязвимостей ПО используется подход, описанный в [6]. Данный подход основывается на включении в набор данных для обучения трасс выполнения ПО и позволяет определить наиболее вероятные уязвимости. Для классификации путей выполнения ПО используется сверточная нейронная сеть. Трасса исполнения программы разбивается на последовательность лексем, представляющих собой вызовы различных функций. Лексемы объединяются в три-граммы и подаются на вход соответствующих нейронов. Выходным значением нейронной сети является оценка вероятности соответствия данной трассы какой-либо уязвимости.

Результаты. Было проведено экспериментальное исследование работы предложенной схемы. Для анализа были выбраны php-приложения, содержащие заранее известный набор уязвимостей внедрения SQL-кода. В ходе эксперимента система обнаружила 4 уязвимости в программном обеспечении, при 8 ложных срабатываний.

Заключение. Результатом данной работы является описание схемы применения технологий символично-конкретного выполнения и машинного обучения для тестирования безопасности ПО, применение которой позволит автоматизировать процесс поиска уязвимостей в ПО и сократить время работы эксперта, Полученная схема будет использована при построении системы автоматизации проведения испытаний средств защиты информации, представленной в работе [7].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Positive Technologies. Уязвимости приложений финансовой отрасли (2016) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.ptsecurity.com/upload/ptru/analytics/Financial-Vulnerability-2016-rus.pdf>. – 01.02.2016.
2. Microsoft Security Development Lifecycle [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.microsoft.com/en-us/sdl/>. – 29.01.2016.
3. Anwer F. Security testing / F. Anwer, M. Nazir, K. Mistafa // Trends in security testing. – 2016. – P. 35–66.
4. Chen T. State of the art: Dynamic symbolic execution for automated test generation / T. Chen, X.S. Zhang, S.Z. Guo, H.Y. Li, Y. Wu // Future Generation Computer Systems. – 2013. – P. 1758–1773.
5. Noorian M. Machine Learning-based Software Testing: Towards a Classification Framework / M. Noorian, E. Bagheri, W. Du // Proceedings of the 23rd International Conference on Software Engineering & Knowledge Engineering (SEKE'2011). – USA, 2011. – P. 225–229.
6. Grieco G. Toward large-scale vulnerability discovery using Machine Learning // Proceedings of the Sixth ACM Conference on Data and Application Security and Privacy. – New Orleans, Louisiana, USA, 2016. – P. 85–96.
7. Мещеряков А.А. Построение системы автоматизации проведения испытаний средств защиты информации // Сборник трудов XIII Международной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Перспективы развития фундаментальных наук». – Томск, 2016. – Т. 7. – С. 90–93.

**ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОГО АЛГОРИТМА ДЕКОДИРОВАНИЯ ДЛЯ СТАНДАРТА DMR НА
ОТЕЧЕСТВЕННОМ СИГНАЛЬНОМ ПРОЦЕССОРЕ 1967ВЦ3Т**

Ю.О. Мякочин, А.С. Бороздин

АО «ПКК Миландр»,

Россия, г. Москва, г. Зеленоград, Георгиевский пр-т, 5, 124498

E-mail: myakochin.yuri@ic-design.ru, borozdin.a@milandr.ru

DECODING OF DMR-STANDART BLOCK CODES ON THE DSP-PROCESSOR 1967VC3T

Y. Myakochin, A. Borozdin

JSC "ICC Milandr",

Russia, Moscow, Zelenograd, Georgievskiy prospect, 5, 124498

E-mail: myakochin.yuri@ic-design.ru, borozdin.a@milandr.ru

***Abstract.** The article describes the results of the decoding block codes using 1967VC3T domestic signal processor. The algorithms provide optimal or close to optimal decoding performance, with effective implementation of the selected signal processor.*

Введение. В статье собраны и проанализированы результаты реализации декодирования блочных кодов с использованием отечественного сигнального процессора 1967ВЦ3Т. Представленные алгоритмы обеспечивают оптимальные или близкие к оптимальным характеристики декодирования, имеют умеренные вычислительные затраты и обладают эффективной реализацией для выбранного сигнального процессора. Представленные алгоритмы обеспечивают оптимальные или близкие к оптимальным характеристики декодирования, имеют умеренные вычислительные затраты и обладают эффективной реализацией для выбранного сигнального процессора. Реализация протокола обмена в соответствии со стандартом DMR требует декодирования целого ряда блочных кодов:

- Хэмминга (17,12,3), (13,9,3), (15,11,3), (16,11,4), (7,4,3),
- Голея (20,8),
- *Quadratic residue* (16,7,6),

а также кода с одиночной проверкой на четность (*SPS*) и длиной данных 1, 3 и 7. Эти коды могут использоваться как самостоятельно, так и в составе других кодов.

Материалы и методы исследования. По результатам разработки и анализа, алгоритмы декодирования блочных кодов и блочных турбо кодов обеспечивают оптимальное качество декодирования и имеют эффективную реализацию для процессора 1967ВЦ3Т. В условиях, когда блочный код используется самостоятельно, основная задача заключается в том, чтобы обеспечить высокое качество декодирования, поскольку объем вычислительных затрат декодера мал по сравнению с вычислительными затратами, необходимыми для реализации всего приемника DMR. Поэтому оказалось целесообразным выбрать более сложный алгоритм декодирования, обеспечивающий высокое качество.

Чтобы упростить реализацию стандарта DMR, необходимо разработать унифицированный алгоритм, который бы позволял декодировать указанные блочные коды. Возможности такого алгоритма должны обеспечивать оптимальные или близкие к оптимальным характеристики декодирования, иметь

умеренные вычислительные затраты и обладать эффективной реализацией на отечественном сигнальном процессоре 1967ВЦ3Т.

Модели каналов, применяемые в стандарте DMR, должны корректно эмулировать городские застройки и гористые местности (TU50 и NT200) на скоростях 50 км/ч и 200 км/ч соответственно. Эти модели соответствуют каналам с замиранием и многолучевым распространением радиоволн.

В результате возникла необходимость в разработке тестовой среды, позволяющей определить наилучшие параметры декодеров. Для этой среды были выбраны модуляция BPSK и аддитивный белый гаусовский шум (AWGN). Измерения BER и BLER декодеров проводились в ситуации, когда они работали одновременно с демодулятором DMR. Таким образом, измерения полностью соответствовали стандартным требованиям для каналов AWGN, TU50, NT200 и др.: обеспечение модуляции FSK-4, реальных условий синхронизации символьной и синхронизации несущей частоты.

Процессор 1967ВЦ3Т оснащен двумя параллельно работающими блоками ALU, блоками целочисленных вычислений и формирования адреса и блоками выполнения коммуникационных операций (CLU). Он обеспечивает эффективную обработку 8-, 16-, 32-, 64-битных данных (фиксированная точка), а также 32- и 40-битных данных (плавающая точка). Шины дают возможность осуществить две операции доступа к 128-битным данным за один такт [1].

Блок коммуникационных операций позволяет ускорять следующие операции:

- декодирование Витерби;
- вычислять кросс-корреляционные функции.

Самый распространенный метод декодирования таких кодов - это метод синдромного декодирования HDD (*Hard Decision Decoding* – декодирование с жестким принятием решения) [2], [3]. Однако он обладает низким выигрышем в соотношении Eb/No: показатель составляет около 0,4 дБ для кодов Хэмминга (7,4) и 0,9 дБ кодов Хэмминга (15,11) при условии BER=10⁻⁴ [4].

Успешное развитие решетчатого декодирования сверточных кодов (по алгоритму Витерби и пр.), привело к появлению решетчатых методов декодирования блочных кодов. Процесс декодирования блочного кода можно представить в виде пути по двоичной решетке, имеющей глубину N и максимальное количество состояний 2^{N-K} [5]. Алгоритмы решетчатого декодирования и алгоритмы, которые используются для сверточных кодов, идентичны. Решетчатый декодер блочных кодов является оптимальным в плане вычислительных затрат и объема памяти.

В то же время, по сравнению со сверточными кодами, блочные коды отличаются нерегулярной решеткой. Пример такой решетки для кода Хэмминга представлен на рисунке 1.

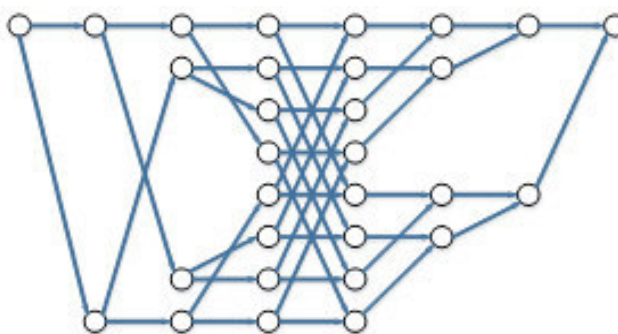


Рис. 1. Решетка декодирования кода Хэмминга (7,4,3)

Нерегулярная решетка приводит к усложнению алгоритма декодирования и увеличению вычислительной сложности декодирования. Это тем более очевидно в ситуации, когда существует необходимость декодирования десяти разных кодов.

Указанные сложности заставляют обращаться к другим алгоритмам декодирования блочных кодов, которые обладают оптимальными или близкими к ним параметрами декодирования, а также демонстрируют наилучшую для решения задачи общую совокупность свойств.

В статье Near-Optimum Decoding of Product Codes: Block Turbo Codes (журнал IEEE Transactions on Communications) [6], содержится описание алгоритма декодирования произвольных блочных кодов, имеющих мягкий вход и мягкий выход, который близок к оптимальному.

Реализация такого алгоритма достаточно проста. Его отличительной особенностью также является достаточная степень унификации применительно к разным типам блочных кодов. Алгоритм дает возможность через выбор параметров достигать желаемого соотношения между качеством декодирования и вычислительными ресурсами. Статья описывает процесс декодирования БЧХ-кодов, однако представленный метод с легкостью можно применять для кодов Хэмминга, Голя, *Quadratic residue* (QR), SPS.

Результаты. Описанные в статье алгоритмы декодирования блочных кодов обеспечивают близкие к оптимальным характеристики декодирования при гораздо меньших вычислительных затратах, если для их реализации использовать отечественный сигнальный процессор 1967ВЦ3Т.

Использование приведенных алгоритмов позволило реализовать DMR модем на процессоре 1967ВЦ3Т, задействовав лишь одну треть часть вычислительной мощности процессора.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ в рамках Соглашения № 14.579.21.0118 о предоставлении субсидии от 27 октября 2015 года (уникальный идентификатор ПНИЭР RFMEFI57915X0118).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. The digital signal processing chip with 12Mbit RAM and 300MHz clock frequency 1967VC3T, K1967VC3T. Datasheet. JSC "ICC Milandr" [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://milandr.ru> – 10.03.2017.
2. Proakis J.G. Digital Communications. – New York: McGraw-Hill, 2001. – 928 p.
3. Steele R., Hanzo L. Mobile Radio Communications: Second and Third Generation Cellular and WATM Systems: 2nd Edition. – New York: IEEE Press-John Wiley, 1999. – 1090 p.
4. Muller B. Low Complexity Soft-Input Soft-Output Hamming Decoder / B. Muller, M. Holters, U. Zolzer // Proceedings of the 50th FITCE Congress "ICT: Bridging an Ever Shifting Digital Divide". – Palermo, Italy, 2011.
5. Hagenauer J. Iterative decoding of binary block and convolutional codes / J. Hagenauer, E. Offer, L. Papke // IEEE Transactions on information theory. – 1996. – V. 42. – No. 2. – P. 429–445.
6. Pyndiah R.M. Near-optimum decoding of product codes: Block turbo codes / R.M. Pyndiah // IEEE Transactions on communications. – 1998. – V. 46. – No. 8. – P. 1003–1010.

**РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ЗАПИСИ ДАННЫХ, ИСПОЛЬЗУЮЩЕГО СТРАТЕГИЮ
ДВУХУРОВНЕВОГО РАЗНОЧАСТОТНОГО КОЛЬЦЕВОГО БУФЕРА**

Д.В. Нефедов

Научный руководитель: А.С. Розов

Институт автоматизации и электротехники Сибирского отделения РАН,

Россия, г. Новосибирск, просп. Академика Коптюга, 1, 630090;

Новосибирский государственный университет,

Россия, г. Новосибирск, ул. Пирогова, 2, 630090

E-mail: dminefyodov@yandex.ru

**DATA WRITING ALGORITHM WITH TWO-LEVEL
MULTI-FREQUENCY RING BUFFER STRATEGY**

D.V. Nefedov

Scientific Supervisor: A.S. Rozov

Institute of Automation and Electrometry of the Siberian Branch of RAS,

Russia, Novosibirsk, Academician Koptuyug ave., 1, 630090;

Novosibirsk State University,

Russia, Novosibirsk, Pirogova st., 2, 630090

E-mail: dminefyodov@yandex.ru

***Abstract.** Automatic systems based on microcontrollers often use non-volatile memory with a limited lifespan for storing data. The limitation requires uniform use of memory cells. This can be provided by using a ring buffer strategy. However, classical ring buffer can't provide uniform use if there are several arrays in the memory which are updating with different frequencies. In this paper we introduce a data storage algorithm that uses a two-level multi-frequency ring buffer to ensure uniform wear of the memory.*

Введение. На сегодняшний день кольцевой буфер — широко используемая в программировании структура данных. Одна из задач, где требуется применение кольцевого буфера — продление срока эксплуатации памяти путём максимально равномерного использования её ячеек.

В данной работе используется энергонезависимая память EEPROM, которая является частью микроконтроллера Atmel ATmega1280, расположенного на открытой микроконтроллерной платформе Seeeduno Mega v1.23. На данной платформе функционирует метеосервер, получающий текущую информацию о погоде по RS-485-соединению с электронного табло ПК-Электроникс ОЗАК-280-Рт-485. Табло оснащено часами, а также датчиками температуры и давления атмосферы.

В рамках поставленной задачи требуется хранить погодные данные, собранные метеосервером за последние сутки, за последний месяц и за последний год, в трёх массивах равного размера в памяти EEPROM в течение как можно более длительного срока. Производитель гарантирует 100.000 циклов стирания-записи для каждой ячейки [1]. Данное ограничение требует максимально равномерного использования ячеек памяти, что можно осуществить при помощи кольцевых буферов.

При использовании обычного кольцевого буфера не возникает проблем в случае, если в памяти

хранится один массив. Так как все массивы имеют одинаковый размер, но хранят данные за периоды разной длины, то запись данных в разные массивы будет производиться с разной частотой. Следовательно, одна часть памяти будет изношена быстрее, чем другая. В качестве решения этой проблемы предложено разработать стратегию двухуровневого кольцевого буфера, модифицировав обычный кольцевой буфер. Внутренний уровень – массивы с данными за последние сутки (массив №1), последний месяц (массив №2) и последний год (массив №3). Запись данных в массив №1 происходит в 31 раз чаще, чем в массив №2, и в 366 раз чаще, чем в массив №3. Предполагается, что каждый такой массив представляет собой обычный кольцевой буфер, состоящий из 160 элементов (единиц данных). Под единицей данных понимается совокупность значений температуры и давления атмосферы в конкретный момент времени и значения самого момента времени, в который произведено измерение. Внешний уровень – кольцевой буфер, занимающий всё пространство памяти, выделенное под хранение погодных данных. Элементы внешнего кольцевого буфера – массивы с данными, т. е. внутренние кольцевые буфера.

Цель работы — разработать алгоритм записи погодных данных в память EEPROM, обеспечивающий равномерный износ памяти при хранении данных, обновляемых с различной частотой.

Материалы и методы исследования. В ходе работы было разработано несколько версий алгоритма, различающихся реализацией двухуровневого буфера. Первая реализация представляет собой вышеописанный двухуровневый кольцевой буфер, внутренними буферами которого являются три массива. Имеются переменные для хранения позиции начала каждого массива в памяти и текущей позиции в каждом массиве в памяти, в которую только что была записана единица данных. Первые два массива — это обычные кольцевые буфера; когда текущая позиция вплотную приближается к началу следующего буфера (то есть доходит до конца текущего буфера), то текущая позиция перемещается в начало текущего кольцевого буфера. Текущая позиция третьего массива (в который данные пишутся наиболее редко) при достижении его конца не возвращается к его началу, а продолжает сдвигаться вперёд, а вместе с ней сдвигается и позиция начала третьего массива, т. е. происходит сдвиг всего массива №3 внутри внешнего кольцевого буфера. Третий массив можно также считать кольцевым буфером с оговоркой, что текущая позиция никогда не достигает конца, так как конец постоянно сдвигается вперёд. У остальных массивов сдвиг позиции начала массива происходит, если разность текущей и начальной позиции становится равной длине массива. Таким образом, происходит постепенное циклическое движение всех внутренних буферов в пределах внешнего буфера, что обеспечивает равномерный износ ячеек памяти.

У этой реализации существует следующая проблема: при сдвиге буфера №3 вперёд затирается значение в начальной позиции в буфере №1, т. к. в этот момент буферы №1 и №2 ещё не сдвинуты. Следовательно, после буфера №3, но до буфера №1 должен находиться промежуточный буфер, вмещающий одну единицу данных. Промежуточный буфер был реализован во второй версии алгоритма, что позволило избежать упомянутого наложения третьего внутреннего буфера на первый и потери данных первой ячейки первого буфера. Таким образом, внешний буфер состоит из трёх кольцевых буферов и одного промежуточного.

У второй реализации также обнаружился недостаток. Пусть buf_size — длина внутреннего буфера, $freq_1$ — частота записи в буфер №1 или №2, а $freq_3$ — частота записи в буфер №3. Если

$freq_{12} < freq_3 * buf_size$, то один из массивов с меньшим номером может не успеть сдвинуться вперёд на нужное расстояние до того, как массив №3 тоже сдвинется вперёд. Данный сценарий также приводит к наложению одного буфера на другой и частичной потере данных. Решение данной проблемы – увеличение промежуточного буфера до размера, гарантирующего, что буфера с меньшими номерами успеют сдвинуться вперёд до того, как память, которая ранее содержала их начало, будет включена в буфер №3. Эта проблема была решена в третьей реализации.

Чтобы вычислить размер промежуточного буфера, нужно оценить максимальное число элементов, которые будут записаны в буфер №3 в течение срока, за который буфер с меньшим номером будет полностью заполнен. Это число и будет размером промежуточного буфера. Тогда размер промежуточного буфера $inter_buf$ можно рассчитать по формуле (1).

$$inter_buf = \max \left(\left[\frac{buf_size}{\left[\frac{freq_{12}}{freq_3} \right]} \right] \right). \quad (1)$$

$$\left[\frac{freq_1}{freq_3} \right] = 366 \quad \left[\frac{freq_2}{freq_3} \right] = 11. \quad (2)$$

Для нашей задачи $buf_size = 160$, следовательно, исходя из значений, полученных в (2), $inter_buf = 15$. В случае полностью равномерного использования памяти, её ресурса хватит на $100.000 * (160 * 3 + 15) = 49.500.000$ записей с частотой для буфера №1 (наиболее часто изменяемый буфер).

Для проверки правильности третьей версия алгоритма была протестирована на компьютере. Объём выделенной памяти: 495 единиц данных. В качестве начальных позиций для буферов 1, 2 и 3 выбраны значения 0, 160 и 320 соответственно, в качестве текущих позиций для буферов 1, 2 и 3 выбраны значения 159, 319 и 479 соответственно. Произведена имитация записи в память 49.500.000 единиц данных в буфер №1 и соответствующего количества единиц данных в буфера №2 и №3. Наложений одного буфера на другой и прочих ошибок не обнаружено.

Результаты. В результате работы был получен алгоритм, позволяющий решить задачу продления срока эксплуатации памяти за счёт использования стратегии двухуровневого разночастотного кольцевого буфера. При выделении дополнительной памяти для промежуточного буфера полученная структура данных за счёт равномерности использования ячеек позволяет увеличить срок службы памяти в 3 раза по сравнению с обычными неподвижными кольцевыми буферами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Atmel ATmega640/V-1280/V-1281/V-2560/V-2561/V Datasheet // Atmel [Электронный ресурс]. - 2014. – Р. 1. Режим доступа: http://www.atmel.com/ru/ru/Images/Atmel-2549-8-bit-AVR-Microcontroller-ATmega640-1280-1281-2560-2561_datasheet.pdf, свободный.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ФОРМЫ ПРОПЛАВА В КВАРЦЕВОМ СТЕКЛЕ ОТ ПАРАМЕТРОВ
ОСТРОСФОКУСИРОВАННОГО ЭЛЕКТРОННОГО ПУЧКА**

А.А. Зенин, А.С. Климов, А.Н. Николаенко

Научный руководитель: профессор, д.т.н. Е.М. Окс

Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники,

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 40, 634050

E-mail: zenin1988@gmail.com

**ON THE INFLUENCE OF THE ELECTRON BEAM PARAMETERS ON THE SHAPE OF THE
MELTING IN QUARTZ GLASS**

A.A. Zenin, A.S. Klimov, A.N. Nikolaenko

Scientific Supervisor: Prof., Dr. E.M. Oks

Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics, Lenin str., 40, 634050

E-mail: zenin1988@gmail.com

***Abstract.** In this paper, we present the results the dependence of the melting shape in quartz glass on the parameters of an electron beam. Studies have shown no significant effect of electron energy on the form of melting.*

Введение. В настоящее время широко развивается создание новых инструментов обработки конструкционных материалов. В этой области большой интерес уделяется источникам передачи энергии, позволяющий осуществлять с помощью локального нагрева обработку, резку, сварку и модификацию различных изделий, из проводящих и не проводящих материалов. К данной тематике относится электронно-лучевая сварка, позволяющая с помощью электронного луча получать сварные соединения различных материалов. Для достижения высокого качества сварного шва встает сложная техническая задача по формированию заданной геометрии проплава.

Плазменные источники электронов имеют широкое применение в современной вакуумной технике [1]. Эти источники, функционирующие не только в высоком вакууме, но и в так называемом форвакууме, основаны на эмиссии электронов из плазмы [2]. Переход в форвакуумную область давлений расширяет диапазон возможностей плазменных источников, и позволяет производить обработку диэлектрических материалов без применения дополнительных средств нейтрализации заряда, накапливаемого на обрабатываемой поверхности [3].

Для ряда технологических задач повышенный интерес проявляется к кварцевым стеклам. Минимальный показатель преломления, а, следовательно, лучшее светопропускание, высокая термическая стойкость наряду с диэлектрическими свойствами делают кварцевые стекла незаменимыми в промышленности. Особенностью кварцевого стекла является его высокая температура плавления, и трещиностойкость при его механической обработке. В работе [4] представлены результаты исследований состава газовой атмосферы при электронно-лучевой обработке кварцевого стекла, но при этом не проводились исследования формы проплава при электронно-лучевой обработке кварцевого стекла. Цель

настоящей работы является определение формы проплавлений в цилиндрических образцах кварцевого стекла в зависимости от времени электронно-лучевого облучения и энергии электронов пучка.

Методика проведения эксперимента. Эксперименты проводились с применением форвакуумного плазменного источника электронов на основе тлеющего разряда с полым катодом. Схема экспериментальной установки представлена на рис. 1,а. Более подробно принцип работы источника описан в работах [3–4]. Также на рис. 1,б представлен график зависимости глубины проплавления от времени при различном ускоряющем напряжении.

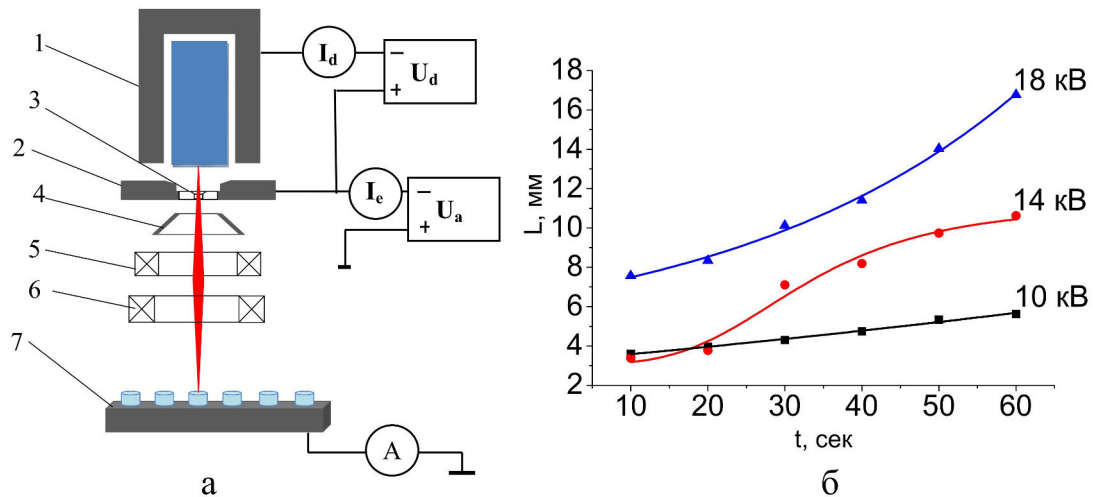


Рис. 1. Схема форвакуумного плазменного источника для измерения формы проплава (а) и график зависимости глубины проплавления от времени при различном ускоряющем напряжении (б): 1 – полый катод, 2 – анод, 3 – перфорированный электрод, 4 – ускоряющий электрод, 5 – фокусирующая система, 6 – система отклонения, 7 – каретка с образцами.

Для исследования формы проплава использовались кварцевые стеклянные стержни диаметром 10 мм и длиной 30 мм. Стержни устанавливались на подвижную каретку 7, которая перемещалась перпендикулярно электронному пучку. Время воздействия электронного пучка на образец задавалось от 10 до 60 секунд. При этом ускоряющее напряжение было постоянным и составляло 10, 14 и 18 кВ, соответственно, для разных серий эксперимента. Ток пучка в экспериментах оставался постоянным и равным 10 мА. Диаметр пучка устанавливался минимально возможным (~ 1 мм) и определялся параметрами фокусирующей системы. В качестве рабочего газа использовался гелий, давление 30 Па.

Результаты работы и их обсуждение. Экспериментальные зависимости глубины проплава от времени для различных ускоряющих напряжений представлены на рис. 1,б.

Как видно из представленного графика, зависимости глубины проплава от времени при различном ускоряющем напряжении имеют монотонный рост с увеличением времени. При этом увеличение ускоряющего напряжения, а, следовательно, и плотности мощности в пучке, приводит к значительному росту глубины проплава. Это объяснимо тем, что при увеличении ускоряющего напряжения, увеличивается и плотность мощности электронного пучка, приходящегося на обрабатываемую поверхность, которая составляет $1,2 \cdot 10^4$, $1,7 \cdot 10^4$, $2,3 \cdot 10^4$ Вт/кв.см. А так как кварцевое стекло имеет низкую теплопроводность, то наблюдается активное испарение из ванны расплава. Справедливость

такого предположения подтверждается наличием в остаточной атмосфере монооксида и диоксида кварца, как это было показано ранее в работе [4].

Как и ожидалось, форма проплава образцов близка к «кинжальной», это видно по рис. 2. Где d_1 , d_2 , d_3 диаметры проплава при разной глубине, а L сама глубина проплавления.

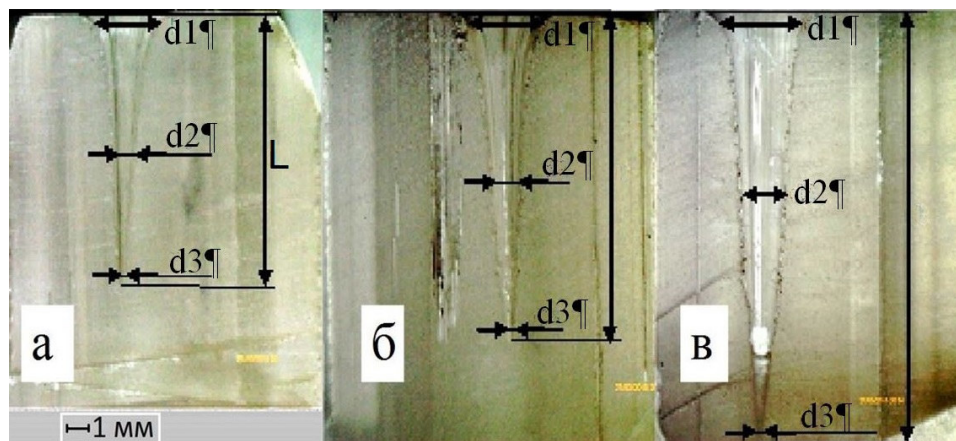


Рис. 2. Форма проплава при 50 секундном облучении: а) при 10 кВ, б) при 14 кВ, в) при 18 кВ

Как видно из рисунка диаметр проплава на различной глубине изменяется не значительно, что обусловлено гауссовым распределением плотности тока электронного пучка. Это заметно в начале сварочной ванны d_1 и на средней глубине d_2 , для рисунка а) d_1 равен 2 мм, d_2 равен 0,61 мм, для б) d_1 равен 2,15 мм, d_2 равен 0,77 мм, а для в) d_1 равен 2,61 мм, d_2 равен 1,3 мм. Для всех образцов диаметр проплава в вершине сварочной ванны d_3 не значительно меняется, колеблясь в пределах от 0,2 до 0,3 мм.

Заключение. Изменение параметров электронно-лучевого воздействия позволяет изменять форму проплава в кварцевом стекле. При этом на глубину проплава наиболее значительное влияние оказывает продолжительность электронно-лучевого облучения, в то время как энергия электронов в основном влияет на диаметр проплава в его вершине.

Работа поддержана грантом РФФИ 16-38-60032 мол_а_дк.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Корнилов С.Ю. О параметрах электронного пучка пушки с плазменным эмиттером / С.Ю. Корнилов, Н.Г. Ремпе, А. Veniyash, N. Murray, T. Hassel, C. Ribton // Письма в ЖТФ. – 2013 – Т. 39. – № 19. – С. 1–8.
2. Окс Е.М. Источники электронов с плазменным катодом: физика, техника, применения. – М.: НТЛ, 2005. – 216 с.
3. Зенин А.А. Электронно-лучевая пайка алюмооксидной керамики с металлом с применением форвакуумного плазменного источника электронов / А.А. Зенин, А.С. Климов // Доклады ТУСУРа. – 2013. – № 1 (27). – С. 10–13.
4. Зенин А.А. Состав газовой атмосферы при электронно-лучевой обработке кварцевого стекла в форвакуумном диапазоне давлений / А.А. Зенин А.А. // Известия вузов. Физика. – 2016. – Т. 59. – № 9/2. – С. 212–215.

**О ПРОБЛЕМАХ ВИЗУАЛИЗАЦИИ РЕЗУЛЬТАТОВ СТАТИСТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ
АНКЕТНЫХ ДАННЫХ**

М.С. Ознобихина, А.Ю. Тимофеева

Новосибирский государственный технический университет,

Россия, г.Новосибирск, пр. К.Маркса, 20, 630073

E-mail: oznobikhina.ms@yandex.ru, a.timofeeva@corp.nstu.ru

**PROBLEMS EMERGING IN VISUALISING OF THE RESULTS OF STATISTICAL
PROCESSING OF SURVEY DATA**

M.S. Oznobikhina, A.Yu. Timofeeva

Novosibirsk State Technical University, Russia, Novosibirsk, Prospekt K. Marksa, 20, 630073

E-mail: oznobikhina.ms@yandex.ru, a.timofeeva@corp.nstu.ru

***Abstract.** Visualization provides an accurate data transferring by means of charts, graphs, or tables. Visualization of categorical data and its concordance comes with lots of problems. We analyze different ways to visualize such types of data using diagram in parallel coordinates, Venn diagram, bubble chart, mosaic plot.*

При визуализации данных анкетных опросов в исходном «сыром» виде, как правило, возникают сложности, и требуется их предварительная, в том числе статистическая, обработка. В первую очередь необходимо удалить пропуски. Во-вторых, часто имеет смысл упорядочить значения переменных. Если значения числовые, они естественным образом ранжируются вдоль числовой оси. Для текстовых ответов чаще всего применяется алфавитный порядок. Однако он никак не отражает особенности данных, поэтому более корректна сортировка вариантов по убыванию частоты. Тем не менее, не всегда это приемлемо. Во многих случаях существует естественный порядок уровней, например, если используется шкала согласия, варианты ответа представляют упорядоченные категории (например, уровень образования). В этом случае порядок должен быть установлен пользователем (ответы кодируются в нужном порядке), в остальных случаях возможна автоматическая сортировка значений переменных.

В-третьих, часто приходится прибегать к удалению значений: исключению резко выделяющихся наблюдений в числовых данных, а также ненужных уровней в категориальных данных. Методы отбраковки выбросов детально разработаны в статистике. Что касается ненужных уровней, то это, как правило, варианты «нет ответа», «затрудняюсь ответить», а также варианты с очень малыми частотами. Такое удаление можно выполнить автоматически, не прибегая к помощи пользователя. Наконец, в-четвертых, для большей наглядности часто необходима группировка значений. Для числовых данных она сводится к выбору числа и ширины интервалов группирования, это процесс может быть сведен к автоматической процедуре, использующей только исходный массив данных. С текстовыми данными дело обстоит сложнее. Здесь уровни могут быть сгруппированы только по смыслу, для чего, естественно, необходимо привлекать эксперта. Однако, возможно, автоматическое выделение группы «прочее», содержащей уровни с малыми частотами.

Типы диаграмм, которые можно построить по предварительно обработанным данным, зависят от типа этих данных. Наиболее широкий спектр способов визуализации применим для представления числовых данных. Отметим, однако, что бывает полезно рассматривать числовые данные с малым числом

вариантов (например, число лет обучения) как категориальные, это позволяет более наглядно их отобразить. Поэтому предлагается для определения типа данных использовать число уникальных значений переменной. Если оно невелико, то переменную лучше рассматривать как категориальную.

Возможности для визуализации категориальных данных несколько ограничены. В основном используются столбчатые и круговые диаграммы, которые показывают распределение частот. Однако круговые диаграммы часто критикуют. По ним, во-первых, сложно сравнивать значения сегментов, когда их количество велико, – диаграмма теряет наглядность, так как различие между сегментами становится несущественным. Во вторых, круговую диаграмму нельзя использовать, когда сумма относительных частот превышает 100%, например, когда один респондент мог выбирать несколько вариантов ответа. Для анализа ответов на такие вопросы можно использовать диаграмму Венна. На рис. 1а представлен пример диаграммы, отражающей внешние источники информации, которые используют абитуриенты при выборе вуза. По рис. 1а можно понять, какая доля аудитории охватывается сразу несколькими источниками, что позволяет выбрать подходящие рекламные средства.

Для визуализации взаимосвязи между категориальными переменными рекомендуется использовать диаграмму в параллельных координатах [1], пузырьковую диаграмму [2], мозаичную диаграмму [3].

Рис. 1б изображает в параллельных координатах переменные, измеренные по шкале согласия (от 0 до 5 баллов). Студенты давали ответы на вопросы №18 «Я полагаю, что ...» с утверждениями: 1) выпускники НГТУ хорошо трудоустраиваются; 2) НГТУ - лидирующий вуз по качеству подготовки; 3) решающим при выборе вуза явилась доступность поступления; 4) стоит прислушаться к рекомендациям родителей по выбору этого вуза. Видно, например, что большая часть респондентов, согласных с первым вариантом, соглашались и со вторым, то есть между ними есть некоторая ассоциативная связь.

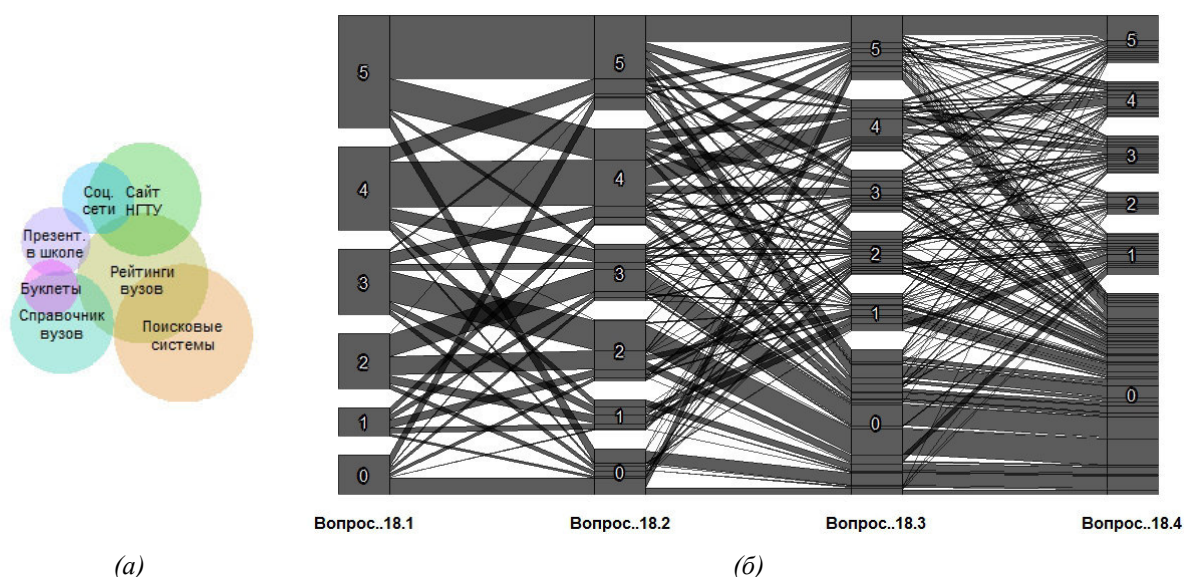


Рис. 1. Диаграммы Венна (а) и в параллельных координатах (б)

Взаимосвязь между категориальными переменными наглядно представляется с помощью пузырьковой (рис. 2а) или мозаичной диаграммы (рис. 2б). Площади фигур на диаграммах пропорциональны частотам. Пузырьковая диаграмма не всегда обеспечивают требуемую наглядность и показывает взаимосвязь только двух переменных. Мозаичная диаграмма позволяет получить

графическое изображение таблицы сопряженности [4]. Такие диаграммы дают возможность отразить большой объем информации и могут использоваться для визуализации взаимосвязей как двух, так и большого числа переменных. С помощью цветов и оттенков в мозаичной диаграмме возможно отображение остатков от подобранной модели [3].

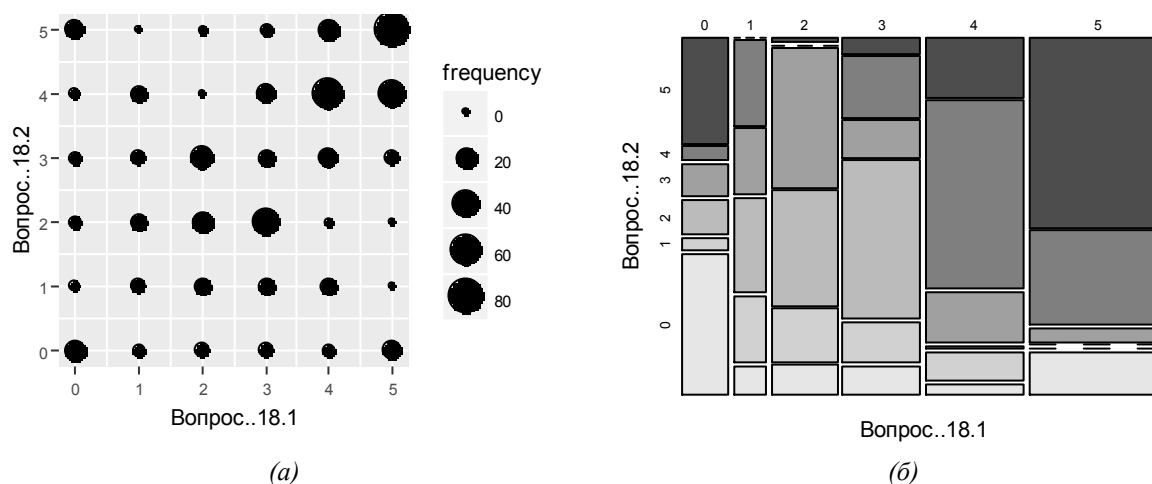


Рис. 2. Визуализация взаимосвязи между двумя порядковыми категориальными переменными с помощью (а) пузырьковой диаграммы, (б) мозаичной диаграммы

Предварительная обработка данных и определение типов переменных позволяет реализовать автоматический выбор подходящего типа диаграммы для наиболее удобной, наглядной и простой визуализации данных. На этих принципах авторами реализована автоматизированная система визуализации анкетных данных с использованием интегрированной среды разработки RStudio.

Работа выполнена при поддержке Совета по грантам Президента РФ для государственной поддержки молодых российских ученых (проект МК-5385.2016.6).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шипунов А.Б. Наглядная статистика. Используем R! [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cran.r-project.org/doc/contrib/Shipunov-rbook.pdf>. – 28.02.17.
2. Vidmar G., Rode N. Visualising concordance // Computational Statistics. – 2007. – Vol. 22. – No. 4. – P. 499-509.
3. Кабаков Р.И. R в действии. Анализ и визуализация данных в программе R / пер. с англ. Полины А. Волковой. – М.: ДМК Пресс, 2014. – 588 с.
4. Pilhofer A., Unwin A. New approaches in visualization of categorical data: R package extracat // Journal of Statistical Software. – 2013. – Vol. 53. – No. 7. – P. 1-25.

**ОСОБЕННОСТИ ЭЛЕКТРОННО–ЛУЧЕВОГО НАПЫЛЕНИЯ КЕРАМИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ В
ФОРВАКУУМНОМ ДИАПАЗОНЕ ДАВЛЕНИЙ**

С.А. Останин, А.С. Климов, А.А. Зенин

Научный руководитель: профессор, д.т.н. Е.М. Окс

Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники,

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 40, 634050

E-mail: super_gaara@mail.ru

**FEATURES OF ELECTRON BEAM DEPOSITION OF CERAMIC COATINGS IN THE
FORVACUUM PRESSURE RANGE**

S.A. Ostanin, A.S. Klimov, A.A. Zenin

Scientific Supervisor: Prof., Dr. E.M. Oks

Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics,

Russia, Tomsk, Lenin str., 40, 634050

E-mail: super_gaara@mail.ru

***Abstract.** The paper presents research results on electron beam evaporation of dielectric materials in the forevacuum pressure range. The research results demonstrate the efficiency of using an electron beam for evaporation of alumina ceramic at forevacuum pressures.*

Введение. Электронно-лучевое испарение материалов в вакууме с последующим нанесением покрытий из паровой фазы (EBVD-процесс) позволяет получать покрытия из тугоплавких материалов для формирования износостойких, коррозионно-стойких покрытий и т.д. Среди известных источников нагрева – электронный пучок является наиболее эффективным [1]. К тому же в отличие от других типов нагрева электронный пучок способен прогревать лишь тонкий приповерхностный слой, откуда собственно и происходит испарение материала, и это еще одно преимущество электронного пучка. Испарение металлических материалов, как правило не вызывает значительных трудностей, в тоже время электронно-лучевая обработка диэлектриков имеет свои особенности, связанные в первую очередь с необходимостью нейтрализации заряда приносимого электронами пучка на облучаемую непроводящую поверхность [2]. Использование форвакуумных плазменных электронных источников позволяет обрабатывать диэлектрики, в частности - керамические материалы [3]. Компенсация отрицательного поверхностного заряда при этом происходит как за счет потока ионов из пучковой плазмы, а также за счет потока из плазмы несамостоятельного разряда, возникающего между облучаемой мишенью и заземленными стенками вакуумной камеры [4]. Возможность непосредственной электронно-лучевой обработки диэлектрических материалов является ключевой особенностью форвакуумных плазменных электронных источников, а применительно к испарению диэлектриков возможна реализация и бестигельного испарения.

Цель настоящей работы заключалась в исследовании влияния параметров процесса нанесения покрытий (температуры подложки и состава газовой атмосферы) на состав и параметры напыляемого покрытия.

Техника и методика эксперимента. Для исследования влияния газовой атмосферы и температуры подложки на параметры формируемого покрытия использовалась электронно-лучевая установка, оснащенная двумя идентичными форвакуумными плазменными электронными источниками на основе разряда с полым катодом цилиндрической формы (рис. 1). Электронный источник 1 формировал узкофокусированный электронный пучок 2 и служил для испарения керамической мишени 3, в качестве которой использовался диск из алюмооксидной керамики ВК94-1. Электронный источник 4 формировал расфокусированный электронный пучок 5 и служил для нагрева подложки 6 до заданной температуры. Рабочее давление в вакуумной камере составляло 10 Па и поддерживалось напуском газа непосредственно в камеру. Измерение температуры подложки осуществлялось со стороны не подверженной электронно-лучевому облучению терморезистивным преобразователем из хромель-копели. Тепловой контакт обеспечивался за счет плотного прилегания спая к тыльной стороне подложки. Сигнал с термопары измерялся цифровым вольтметром. Температура испаряемого материала контролировалась инфракрасным пирометром. В эксперименте подложка (пластинка титана $2 \times 15 \times 15$ мм³) располагалась на расстоянии 8 см от испаряемой мишени, что позволяло значительно снизить влияние высокой температуры мишени на нагрев подложки. Температура прогрева подложки изменялась от 300 до 700 °С с шагом 100 градусов.

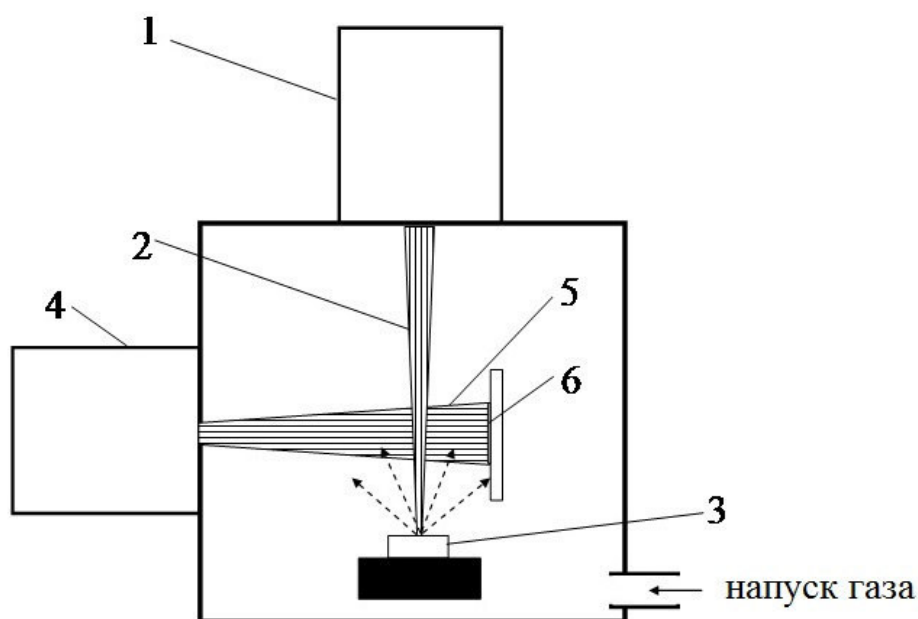


Рис. 1. Схема эксперимента: 1 – плазменный электронный источник-1; 2 – остророфокусированный электронный пучок; 3 – испаряемая мишень; 4 – плазменный электронный источник-2, 5 – расфокусированный электронный пучок; 6 – подложка

В качестве рабочих газов использовалась остаточная атмосфера и гелий. При работе на гелии проводилась предварительная промывка вакуумной камеры в течение 5–10 минут.

Результаты эксперимента. В результате испарения мишени в течение 10 минут на подложке формировалось покрытие, содержащее Al, O, Ti и Si (рис. 2,а). Состав покрытия оставался неизменным при изменении температуры подложки. Изменения наблюдались в соотношении между элементами, а

также в толщине формируемого покрытия. Начиная с температуры порядка 500 °С, наблюдается рост содержания алюминия, в то время как содержание кислорода остается практически одинаковым во всем диапазоне температур (рис. 2,б).

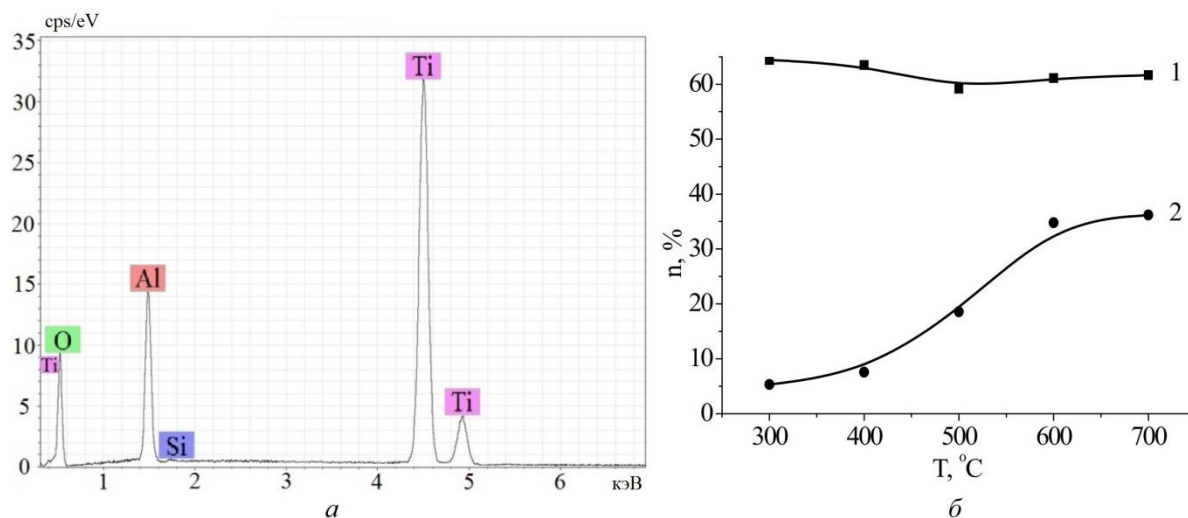


Рис. 2. Элементный состав керамического покрытия (а) и процентное содержание кислорода 1 и алюминия 2 в покрытии в зависимости от температуры подложки (б)

Такая ситуация может быть связана с улучшением условий образования зародышей на начальном этапе пленки и, как следствие, формированием более толстого покрытия состав которого более близок к составу испаряемого материала.

Заключение. Нагрев подложки при электронно-лучевом нанесении покрытий в форвакуумной области давлений способствует росту толщины формируемого покрытия, а также формированию покрытия составом близким к составу испаряемого керамического материала.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ, грант 11.1550.2017/ПЧ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рыкалин Н.Н. Основы электронно-лучевой обработки материалов. – М.: Машиностроение, 1978. – 239 с.
2. Филачев А.М. Проблемы электронно-лучевой обработки диэлектриков / А.М. Филачев, Б.И. Фукс // Прикладная физика. – 1996. – № 3. – С. 39–46.
3. Burdovitsin V.A. Electron beam treatment of non-conducting materials by a fore-pump-pressure plasma-cathode electron beam source / V.A. Burdovitsin, A.S. Klimov, A.V. Medovnik, E.M. Oks // Plasma Sources Sci. Technol. – 2010. – № 19. – P. 055003.
4. Бурдовицин В.А. Модификация поверхности керамики импульсным электронным пучком, генерируемым форвакуумным плазменным источником / В.А. Бурдовицин, Е.М. Окс, Е.В. Скробов, Ю.Г. Юшков // Перспективные материалы. – 2011. – № 6. – С. 1–6.

АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ РАБОЧЕЕ МЕСТО РУКОВОДИТЕЛЯ ОТДЕЛА НИРС

Ф.Д. Пираков, А.А. Мытник

Научный руководитель: канд. техн. наук Е.Н. Клыжко.

Томский государственный педагогический университет,

Россия, г. Томск, пр. Комсомольский, 75.

E-mail: farrukh.9559@gmail.com

AUTOMATED WORKPLACE HEAD OF THE DEPARTMENT OF NIRS

F.D. Pirakov, A.A. Mytnik

Scientific Supervisor: cand. tehn. Sciences E.N. Klyzhko.

Tomsk state pedagogical university, Russia, Tomsk, Komsomol str, 75.

E-mail: farrukh.9559@gmail.com

***Abstract.** This study describes the experience of designing and software implementation of the information system for the head of the research and development department of students. The developed system allowed employees of the department of NIRS, as well as other units of the university on the basis of information stored in the system, to assign scholarships of various levels and to calculate the rating indicators of students on the basis of their achievements.*

Введение. В Томском государственном педагогическом университете, была спроектирована и разработана информационная система для автоматизации отдела НИРС. Автоматизация отдела НИРС студентов в Вузе позволила оперативно анализировать основные типы достижений студентов, и иметь возможность формировать, целостную картину учебных, научных, творческих, и др. возможностей учебного контингента, что предусмотрено современным государственным стандартом ФГОС ВО [1]. В связи с координацией работ по оценке достижений учащихся и стимулирования научных, исследовательских работ студентов становится актуальным объединение системы электронного портфолио [2-4] и автоматизированного рабочего места руководителя отдела НИРС.

Автоматизированное рабочее место руководителя отдела НИРС. Одной из важнейших задач руководителя отдела НИРС является объединение научной молодежи Вуза и привлечение их к научно-исследовательской деятельности, формирование сетевого взаимодействия между активными студентами, проведение конкурсов, образовательных мероприятий (конференций, форумов и др.). Отделом НИРС в социальных сетях формируются сообщества студентов, которые получают информацию о научных и образовательных мероприятиях Вуза, а также публикуется дополнительная информация о научной карьере и результатов научной деятельности. В разработанной программе предусмотрен плагин, который собирает информацию из групп социальных сетей для осуществления обратной связи с отделом НИРС.

В программе «электронное портфолио» студенты могут узнать свой рейтинг и оперативно получить информацию об ближайших научных и образовательных мероприятиях: грантах, стипендиях, конференциях, олимпиадах, соревнованиях и т.д., которые были получены из АРМ руководителя отдела НИРС [4]. Разработанное приложение для отдела НИРС имеет клиент-серверную архитектуру на основе тонкого клиента и связана с внешними подсистемами Вуза (рис. 1). Данная система предоставляет

студентам веб-интерфейс для ввода информации о научной работе. Руководителю отдела НИРС и сотрудникам предоставляется доступ для просмотра информации и добавления новых мероприятий. Для авторизации в системе пользователь должен ввести единый корпоративный логин и пароль, который используется также и в других системах вуза [5]. После окончания обучения и по истечении определенного срока (5 лет), данные подлежат архивации, а в последствие удалению из системы.

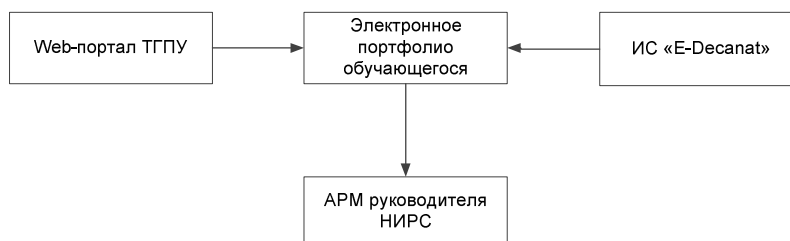


Рис. 1. Схема взаимосвязи АРМ руководителя НИРС с внешними подсистемами

Разработанное веб-приложение состоит из следующих разделов: информация об обучающемся (рис. 2), результаты успеваемости, научно-образовательные мероприятия (рис. 3), рейтинг студентов и электронного портфолио обучающегося.

ФИО студента	ИИИИ
Факультет	ФМФФ
Группа	436
Курс	4
Направление	ИСИТ
Профиль	ИСИТ в бизнесе
Email	<input type="text"/>
Выпускающая кафедра	<input type="text"/>
Научный руководитель	<input type="text"/>

Рис. 2. Веб-форма раздела «информация об обучающемся»

Система электронного портфолио размещена на главном сайте ТГПУ по адресу tspu.edu.ru/portfolio.html. Доступ так же может быть обеспечен через меню: Учёба → Портфолио студента. Информация доступна только для зарегистрированных пользователей [4].

Прикрепляемые материалы распределены по шести категориям: учебная деятельность; научно-исследовательская деятельность; достижения в профессиональной сфере; общественная деятельность; культурно-творческая деятельность; спортивная деятельность.

Была реализована интеграция с автоматизированной системой учёта студенческих кадров E-Decanat 2.0, откуда поступает информация об учебном контингенте и успеваемости студентов [4]. В разработанном приложении автоматически подгружается расписание занятий из автоматизированной системы веб-публикации расписания [6].

При работе с электронным портфолио, выбрав конкретного студента из предлагаемого списка, можно просмотреть содержание его портфолио, без возможностей внести какие-либо изменения в его

учётную запись. Кликнув по ссылке, можно скачать файл и открыть его на просмотр.

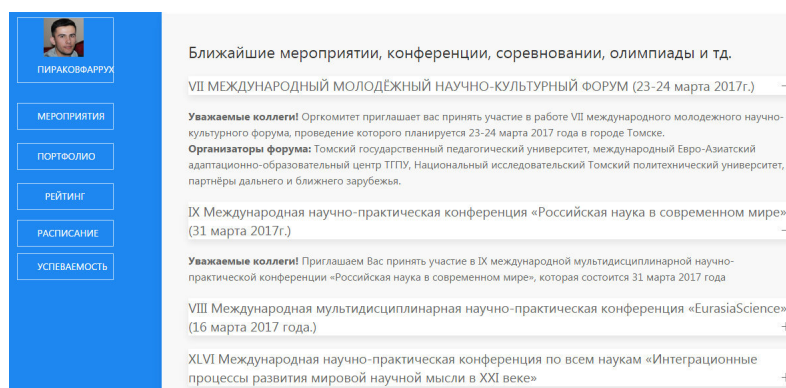


Рис. 3. Веб-форма раздела «мероприятия»

Хотелось бы отметить также то, что файлы в различных форматах сначала скачиваются локально на компьютер пользователя, и затем открываются в соответствующем приложении [4].

Заключение. Разработанная система позволила сотрудникам отдела НИРС, а также другим подразделениям университета на основе информации, хранящейся в системе, назначать стипендии различного уровня и рассчитывать рейтинговые показатели студентов на основе их достижений.

В дальнейшем планируется развивать данную систему в следующих направлениях: добавить дополнительные атрибуты для прикрепленных файлов, и др., предусмотреть возможность работникам деканата проверять содержание и достоверность прикрепленных файлов, обеспечить возможность ввода информации о других видах достижений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ФГОС ВО по направлениям бакалавриата образование и педагогические науки. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://fgosvo.ru/fgosvo/92/91/4/94>. – 27.02.17.
2. Положение об электронном портфолио обучающихся [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://tspu.edu.ru/files/sveden/inaya/Об_электронном_портфолио_обучающихся_28.11.2013.PDF. – 12.02.2017.
3. Клишин А. П., Шелемехова М. С., Казарин С. А. Разработка серии CD-дисков для заочного и дистанционного обучения // Вестник ТГПУ. – 2007.– Вып. 6 (69). – С. 88–90.
4. Пираков Ф. Д., Мытник А. А. Разработка и внедрение системы электронного портфолио в вузе. // Молодёжь и современные информационные технологии. Труды XIV Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных. Томск, 2016.– Т. 1. – С. 313–314.
5. Клишин А. П., Стась А. Н., Газизов Т. Т., Горюнов В. А., Кияницын А. В., Бутаков А. Н., Мытник А. А. Основные направления информатизации деятельности Томского государственного педагогического университета // Вестник ТГПУ. – 2015. – Вып. № 3 (156). – С. 110–118.
6. Автоматизированная система веб-публикации расписания. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://timetable.tspu.ru/>. – 25.03.17.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ОБЪЕМА ОБУЧАЮЩЕЙ ВЫБОРКИ НА ТОЧНОСТЬ
АУТЕНТИФИКАЦИИ ПО КЛАВИАТУРНОМУ ПОЧЕРКУ НА МОБИЛЬНЫХ УСТРОЙСТВАХ**

Е.В. Рассказов, И.В. Горбунов, М.О. Калмыков

Научный руководитель: к.т.н. И.В. Горбунов

Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники,

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 40, 634050

E-mail: rev7.azure@gmail.com

**RESEARCH OF THE INFLUENCE OF LEARNING SAMPLE SIZE ON THE ACCURACY OF
KEYSTROKE DYNAMICS AUTHENTICATION ON MOBILE DEVICES**

E.V. Rasskazov, I.V. Gorbunov, M.O. Kalmykov

Scientific Supervisor: PhD in Engineering sciences I.V. Gorbunov

Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics,

Russia, Tomsk, Lenin str., 40, 634050

E-mail: rev7.azure@gmail.com

Abstract. Keystroke dynamics is a well-investigated behavioral biometric based on the way and rhythm. In this paper, I present a survey of the stability of keystroke dynamics on mobile devices. It contains an analysis of the statistical features users' keystroke dynamics to show how different they are. I also show how a classification accuracy depends on the size of the learning sample.

Введение. В настоящее время повсеместно используются мобильные устройства. Они являются незаменимым средством и важной частью нашей жизни, поэтому существует необходимость в обеспечении их защищенности, т.к. люди хранят на них не только персональную, но и критически важную информацию [1].

В актуальности проблемы эффективности клавиатурного почерка на мобильных устройствах нет сомнения. На данный момент существуют и постоянно появляются научные статьи, проводятся исследования с использованием различных видов классификаторов. Однако, чтобы добиться максимальной эффективности системы распознавания клавиатурного почерка, (рис. 1) на начальном этапе очень важно представить информацию с клавиатурным почерком в правильном виде, а также определить оптимальный объем обучающей выборки.

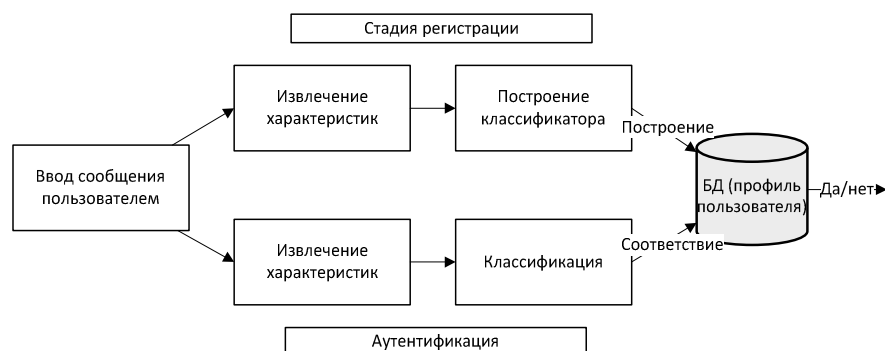


Рис.1. Принцип работы системы распознавания клавиатурного почерка

В данной работе исследуется стабильность клавиатурного почерка пользователей путем анализа статистических показателей клавиатурного почерка, определения различимости профилей, а также определяется влияние объема обучающей выборки на величину ошибок 1-го и 2-го рода.

Оценка эффективности системы распознавания по клавиатурному почерку. После сбора информации для каждого пользователя формируется свой эталон, на каждой последующей аутентификации с которым сравниваются характеристики пользователя посредством алгоритма сравнения.

Для определения эффективности системы используется два важных показателя ошибок [2]:

– FRR (False Reject Rate), или ошибка первого рода – вероятность ошибочных отказов авторизованному пользователю (ошибочный отказ «своему»):

$$FRR = \frac{\text{Количество_ошибочных_отказов}}{\text{Общее_количество_совершенных_попыток}} * 100\% \quad (1)$$

– FAR (False Acceptance Rate), или ошибка второго рода – вероятность допуска злоумышленника (ошибочный пропуск «чужого»):

$$FAR = \frac{\text{Количество_ошибочных_разрешений}}{\text{Общее_количество_совершенных_попыток}} * 100\% \quad (2)$$

Исследование статистических характеристик клавиатурного почерка. В качестве характеристики клавиатурного почерка использовалось время между нажатиями на клавиши. Была сформирована база данных из 11 человек, в которую записывались данные по каждой авторизации. В исследовании рассматривались случаи, когда объем обучающей выборки составлял 5, 10, 15 и 20 авторизаций, т.к. большинство участников авторизовались в системе на момент написания статьи не более 20-23 раз. Все участники вводили одинаковое кодовое слово – “keystroke”. В результате каждой авторизации получался вектор вида: $[t_{12}, t_{23}, t_{34}, t_{45}, t_{56}, t_{67}, t_{78}, t_{89}]$, где t_{ij} – время между i -ой и j -ой клавишами.

Для определения того, насколько различимыми являются пользователи между собой, попарно был применен статистический критерий Манна-Уитни [3]. При объеме выборки $n = 5$ количество неразличимых пар пользователей $m = 15$; при $n = 10$: $m = 9$; при $n = 15$: $m = 4$; при $n = 20$: $m = 3$.

Для исследования влияния объема обучающей выборки на величину ошибки 2-го рода, 1-го рода, а также на точность классификации, использовался нечеткий классификатор (нечеткая система типа питтсбургский классификатор) [4].

Результаты вычислений представлены в таблице 1. Значения указаны в средних величинах среди 11 пользователей, участвовавших в эксперименте. График зависимости ошибок 1-го и 2-го рода от объема обучающей выборки представлен на рис. 2.

Из результатов в таблице видно, что по мере увеличения объема обучающей выборки величина ошибки 2-го рода в целом становится меньше. Кроме того, меньше становится ошибка 1-го рода и повышается точность классификации. Лучшие показатели получились при максимальном объеме обучающей выборки ($n = 20$) из рассматриваемых в рамках эксперимента.

Таблица 1

Результаты вычислений

	5 авторизаций	10 авторизаций	15 авторизаций	20 авторизаций
Точность классификации, %	92,05	93,31	93,77	94,36
Ошибка 1-го рода, %	6,43	5,70	5,64	5,23
Ошибка 2-го рода, %	1,52	0,99	0,58	0,41

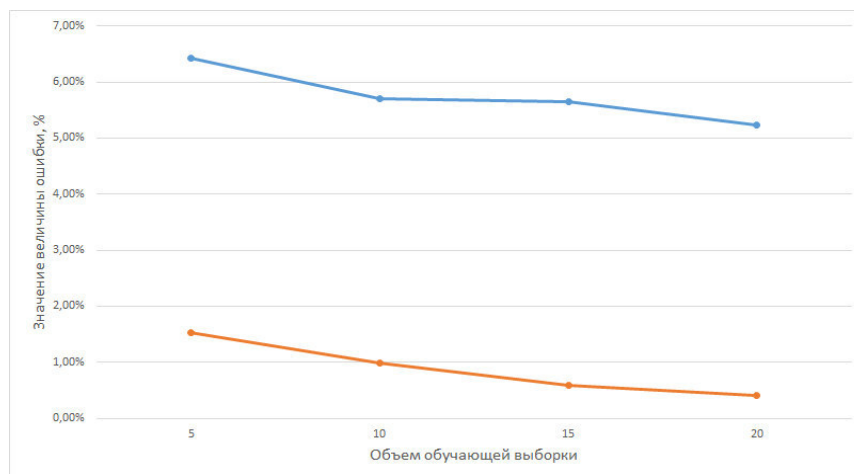


Рис. 2. Зависимость ошибок 1-го и 2-го рода от объема обучающей выборки

Выводы. В результате работы при различных объемах обучающей выборки были проанализированы данные по клавиатурному почерку пользователей, проверена различимость пользователей, вычислены значения ошибок 1-го, 2-го рода и точности классификации и сделаны соответствующие выводы о том, что:

1. по мере увеличения объема обучающей выборки пользователи становятся более различимыми;
2. по мере увеличения объема обучающей выборки величина ошибки 2-го рода в целом становится меньше (к тому же уменьшается ошибка 1-го рода и повышается точность классификации);
3. при наибольшем объеме обучающей выборки среди рассматриваемых, равном ($n = 20$) величина ошибки второго рода = 0,41%, что является лучшим результатом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Antal M, Szabó L, László I. Keystroke dynamics on android platform // 8th International Conference Interdisciplinarity in Engineering, INTER-ENG. - Tirgu Mures, Romania, 2014. – P. 1-2.
2. Campisi P, Maiorana E, Lo Bosco M, Neri A. User authentication using keystroke dynamics for cellular phones. // Signal Processing, IET. – 2009. – Vol. 3(4). – P. 333–341.
3. Кобзарь А.И. Прикладная математическая статистика. Для инженеров и научных работников. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006. – 816 с.
4. Горбунов И.В. Алгоритмы и программные средства идентификации Парето-оптимальных нечетких систем на основе метаэвристических методов: диссертация ... кандидата технических наук. Том. гос. университет систем управления и радиоэлектроники. - Томск, 2014. – 192 с.

**ФОРМИРОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО ПОДМНОЖЕСТВА ВХОДНЫХ ПРИЗНАКОВ
НЕЧЕТКОГО КЛАССИФИКАТОРА МЕТОДОМ ЧИУ¹**

К.С. Сарин

Научный руководитель: профессор, д.т.н. И.А. Ходашинский
Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники,
Россия, г. Томск, пр. Ленина, 40, 634050
E-mail: sks@security.tomsk.ru

**FORMATION OF THE OPTIMUM INPUT VARIABLE SET FOR A FUZZY CLASSIFIER BY THE
METHOD OF CHIU**

K.S. Sarin

Scientific Supervisor: Prof., Dr. I.A. Hodashinsky
Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics, Russia, Tomsk, Lenin str., 40, 634050
E-mail: sks@security.tomsk.ru

***Abstract.** In the present study, a method for selecting important variables for constructing fuzzy classifiers is proposed. An example of selecting important variables and identification classifiers on real data is considered.*

Введение. Целью настоящей работы является выявления информативных переменных при построении нечетких классификаторов на основе анализа данных. За основу взят метод Чиу, предложенный в статье [1], в которой выбор важных переменных осуществлялось для построения нечетких аппроксиматоров.

Постановка задачи. Нечеткий классификатор состоит из базы нечетких правил следующего вида:

$$R_i: \text{IF } x_1 = A_{i,1} \text{ AND } \dots \text{ AND } x_n = A_{i,n} \text{ THEN } y = L_i,$$

где n – размерность пространства входных данных; $\{A_{i,1}, \dots, A_{i,n}\}$ – множество нечетких термов, оценивающих советуемую переменную; L_i – выход нечеткого правила, соответствующий элементу множества меток класса $\{1, \dots, K\}$, K – число классов. Классификация нового входного вектора x проводится с помощью нахождения метки класса среди $\{1, \dots, K\}$ с наибольшей суммой влияний правил, имеющих соответствующую классу выходную метку:

$$y = \arg \max_{k=1, \dots, K} \sum_{\substack{i=1, \dots, r; \\ L_i=k}} \prod_{j=1}^n \mu_{i,j}(x_j),$$

где Π – t-норма операции конъюнкции, в данной работе используется произведение; $\mu_{i,j}$ – функция принадлежности для нечетких множеств i -го правила j -й переменной, которая определяет нечеткий терм $A_{i,j}$, в работе используются функции гауссового типа.

Основой для построения нечеткого классификатора с возможностью отбора информативных признаков является продукционное правило следующего вида:

$$R_i: \text{IF } s_1 \vee x_1 = A_{i,1} \text{ AND } \dots \text{ AND } s_n \vee x_n = A_{i,n} \text{ THEN } y = L_i,$$

где запись $s_i \vee x_i$ указывает на наличие ($s_i = 0$) или отсутствие ($s_i = 1$) признака в классификаторе.

¹Исследование выполнено в рамках базовой части государственного задания министерства образования и науки Российской Федерации на 2017-2019 гг. Номер 8.9628.2017/БЧ.

Идентификация нечеткого классификатора. При построении классификатора с помощью анализа данных обычно выделяют три этапа: 1) генерация структуры; 2) оптимизация параметров; 3) оценка точности классификатора. Экспериментальные данные представляют собой таблицу наблюдений с входными и выходными значениями $\{(x_p, c_p), p = 1, \dots, m\}$, причем обычно она разбивается на две части; одна часть, называемая обучающими данными, используется для построения классификатора, а другая, называемая тестовыми данными, для оценки точности его работы.

Построение нечеткого классификатора осуществляется таким образом:

$$E = \frac{\sum_{p=1}^z \begin{cases} 0, \text{ если } c_p = f(x_p) \\ 1, \text{ иначе} \end{cases}}{z} \rightarrow \min ,$$

где z – количество обучающих данных, $f(x_p)$ – выход классификатора для входа x_p .

Для генерации структуры классификаторов в данной работе использовался алгоритм на основе горной кластеризации [2]. Оптимизации параметров классификатора осуществлялась метаэвристическим алгоритмом «кукушкин поиск» [3].

Метод отбора информативных признаков. Процедура отбора информативных входных переменных представлена следующими шагами:

- Шаг 1. Построить классификатор на всех входных переменных только алгоритмом генерации структуры и оценить его точность.
- Шаг 2. Оценить точность модели, временно отключив поочередно каждую входную переменную.
- Шаг 3. Удалить переменную, отключение которой показало лучший результат точности на шаге 2. Запомнить эту переменную и записать значение точности классификатора.
- Шаг 4. Если есть не удаленные переменные, то перейти на шаг 2, иначе на шаг 5.
- Шаг 5. Выбрать лучшие переменные из запомненных на шаге 3.

Эксперимент. Для эксперимента по выявлению информативных признаков был рассмотрен набор данных WINE с 13 признаками из репозитория KEEL [4].

Метод отбора информативных признаков выявил следующий по важности порядок переменных: 7, 13, 10, 4, 11, 2, 1, 12, 9, 8, 3, 5, 6. На рисунке 1 показана зависимость ошибки классификации от количества переменных на шаге 3 метода отбора, так же на графике указаны удаляемые переменные.



Рис. 1. Зависимость ошибки классификации от количества переменных на Шаге 3 метода отбора признаков

На отобранных по важности наборах переменных были сформированы нечеткие классификаторы, оценка ошибки классификации и количества правил которых проводилась методом пятикратной кросс-валидации. В таблице 1 указаны ошибки на обучающих (*Etra*) и тестовых (*Etst*) данных, а так же количество нечетких правил (*R*).

Таблица 1

Характеристики классификаторов на разных наборах входных переменных

Наборы переменных	<i>Etra</i>	<i>Etst</i>	<i>R</i>	Кол-во признаков
7	0.245	0.291	3.2	1
7, 13	0.065	0.152	6.8	2
7, 13, 10	0.013	0.057	7	3
7, 13, 10, 4	0.017	0.079	4.4	4
7, 13, 10, 4, 11	0.024	0.068	4.8	5
7, 13, 10, 4, 11, 2	0.021	0.068	5.6	6
7, 13, 10, 4, 11, 2, 1	0.011	0.045	6	7
7, 13, 10, 4, 11, 2, 1, 12	0.015	0.051	6.6	8
7, 13, 10, 4, 11, 2, 1, 12, 9	0.021	0.079	5	9
7, 13, 10, 4, 11, 2, 1, 12, 9, 8	0.022	0.084	5.8	10
7, 13, 10, 4, 11, 2, 1, 12, 9, 8, 3	0.025	0.067	5	11
7, 13, 10, 4, 11, 2, 1, 12, 9, 8, 3, 5	0.037	0.079	5	12
Все	0.042	0.056	5.4	13

Из таблицы видно, что точность классификатора выше на наборе переменных 7, 13, 10, 4, 11, 2, 1. Данные переменные и будут составлять оптимальное множество входных признаков.

Заключение. В статье предложен метод Чiu для отбора признаков при построении нечетких классификаторов. Преимуществом данного метода являются то, что при нахождении важных переменных не требуется всякий раз перестраивать классификаторы, а достаточно использовать один, построенный на всех переменных. Эксперименты на реальных данных показали, что данный метод находит подмножество входных переменных, на которых построенный классификатор имеет высокую точность.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Chiu S.L. Selecting Input Variables for Fuzzy Models // Journal of Intellegent and Fuzzy Systems. – 1996. – Vol. 4, №. 4. – P. 243-256.
2. Chiu S.L. Fuzzy model identification based on cluster estimation // Journal of Intelligent and Fuzzy System. – 1994. – Vol. 2, № 3. – P. 267-278.
3. Ходашинский И.А., Минина Д.Ю., Сарин К.С. Идентификация параметров нечетких аппроксиматоров и классификаторов на основе алгоритма «кукушкин поиск» // Автометрия. – 2015. – Том 51, №3. – С.27-34.
4. KEEL: A software tool to assess evolutionary algorithms for Data Mining problems (regression, classification, clustering, pattern mining and so on) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.keel.es/>. – 23.02.17.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПРОТЯЖЕННОСТИ УСКОРЯЮЩЕГО ПРОМЕЖУТКА НА
ПРЕДЕЛЬНЫЕ ТОКИ ФОРВАКУУМНОГО ИМПУЛЬСНОГО ПЛАЗМЕННОГО ИСТОЧНИКА
ЭЛЕКТРОНОВ В АТМОСФЕРЕ АРГОНА**

А.С. Смаилов, А.В. Казаков, А.В. Медовник

Научный руководитель: профессор, д.т.н. А.В. Бурдовицин

Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 40, 634050

E-mail: Smailovalmas@mail.ru

**RESEARCH OF THE INFLUENCE OF THE ACCELERATING GAP LENGTH ON THE MAXIMAL
CURRENTS OF THE FORE-VACUUM PULSED ELECTRON-BEAM PLASMA SOURCE IN THE
ATMOSPHERE OF ARGON**

A.S. Smailov, A.V. Kazakov, A.V. Medovnik

Scientific Supervisor: Prof., Dr. V.A. Burdovotsin

Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics,

Russia, Tomsk, Lenin Avenue, 40, 634050

E-mail: Smailovalmas@mail.ru

***Abstract.** The results of experimental research of the electric strength of the accelerating gap of a fore-vacuum pulsed plasma electron source are presented. It is found that the dependence of the maximal currents on the length of the accelerating gap has an extremum.*

Введение. Плазменные импульсные источники электронов широко используются для обработки различных материалов. Одной из особенностей таких источников является возможность обработки материалов без дополнительного оборудования для стекания заряда с поверхности диэлектриков, что обеспечивается за счет работы в диапазоне от 3 до 50 Па – форвакуумном диапазоне давлений [1, 2]. К подобным источникам выдвигается ряд требований – стабильность работы во времени и высокие плотности тока пучка. Однако этому препятствует электрическая прочность ускоряющего промежутка, в связи с тем, что при увеличении либо длительности импульса, либо увеличении тока и плотности тока пучка, происходит пробой ускоряющего промежутка. Это ограничивает более широкое практическое применение источников электронов.

Возможными причинами электрического пробоя ускоряющего промежутка могут быть: обратный ионный поток, образующийся при прохождении электронного пучка в вакуумной камере, и формирование «вторичной» плазмы в ускоряющем промежутке [3]; зарядка диэлектрических включений на эмиссионном электроде или стабилизирующей сетке [4]; геометрия ускоряющего промежутка и, вероятно, изменение первеанса промежутка [5]. Тем не менее, не очевидно, что является преобладающим фактором для импульсного форвакуумного плазменного источника электронов. В связи с этим, целью настоящей работы является исследование одного из факторов – влияния протяженности ускоряющего промежутка на предельные токи разряда, эмиссии и пучка импульсного форвакуумного плазменного источника электронов.

Экспериментальная установка и методика эксперимента. Схема экспериментальной установки изображена на рис. 1. В экспериментах использовался форвакуумный импульсный плазменный источник, эмиссионная плазма в котором генерировалась дуговым разрядом. Протяженность h ускоряющего промежутка - расстояние между анодной сеткой 6 и экстрактором 7 регулировалась в диапазоне от 5 мм до 22,5 мм. Электроды 6 и 7 выполнены из нержавеющей стали. Генератор поджигающих импульсов 9 использовался для зажигания дугового разряда. Дуга поддерживалась импульсным блоком питания разряда 10. Для извлечения электронов из плазмы и их ускорения, использовался блок постоянного ускоряющего напряжения 11. Более детальное описание конструкции импульсного плазменного источника электронов представлено в [6].

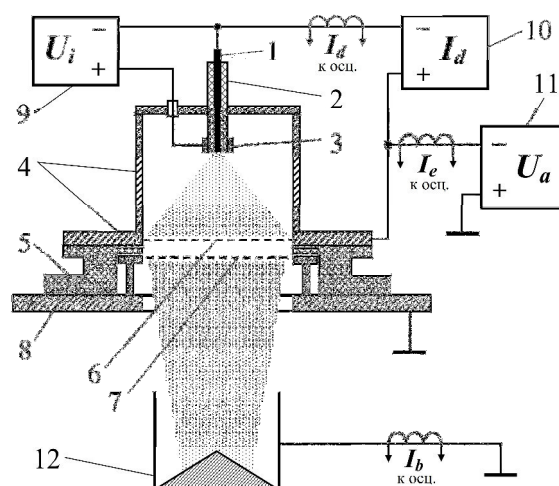


Рис. 1. Схема экспериментальной установки: 1 – катод; 2 – керамический изолятор; 3 – поджигающий электрод; 4 – анод; 5 – высоковольтный изолятор; 6 – анодная сетка; 7 – экстрактор; 8 – фланец вакуумной камеры; 9 – генератор поджигающих импульсов; 10 – импульсный блок питания разряда; 11 – высоковольтный блок постоянного ускоряющего напряжения; 12 – цилиндр Фарадея

Токи I_d разряда и I_e эмиссии измерялись с помощью трансформаторов тока. Ток пучка I_b измерялся с помощью цилиндра Фарадея и трансформатора тока. Максимальный (предельный) ток определялся как значение, при котором количество рабочих импульсов, т.е. импульсов без пробоя, было не менее 90 % от общего числа импульсов. Все эксперименты проводились при одинаковом ускоряющем напряжении 9 кВ. В экспериментах рабочим газом являлся аргон. Давление в диапазоне от 5 до 9 Па регулировалось непосредственным напуском аргона в вакуумную камеру.

Результаты экспериментов и их анализ. Токи I_d разряда, I_e эмиссии и I_b пучка представлены на осциллограммах на рис. 2. На рис. 3 представлен экспериментальный график зависимости предельных токов, усредненных по импульсу, от протяженности h ускоряющего промежутка при давлении 5,5 Па. При исследовании установлено, что зависимость предельных токов I_d , I_e и I_b от h имеет экстремум. С увеличением расстояния в левой части графика (h до 12 мм) происходит рост предельных токов. Это, по-видимому, связано с уменьшением напряженности электрического поля при увеличении расстояния. Дальнейшее увеличение протяженности ускоряющего промежутка (h более 12 мм) приводит к уменьшению предельных токов, что, вероятно, связано с усилением ионизационных процессов в ускоряющем промежутке. Для снижения влияния последних необходимо уменьшать ток.

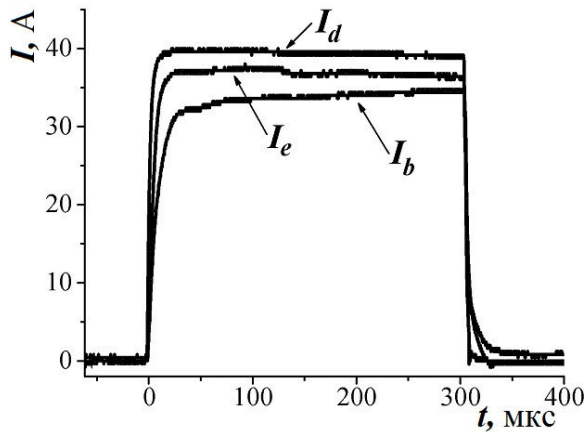


Рис. 2 Типичные осциллограммы токов I_d разряда, I_e эмиссии и I_b пучка (без пробоя)

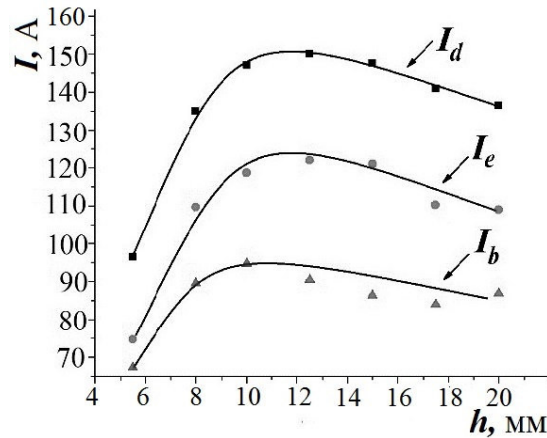


Рис. 3 График зависимости максимальных токов I_d , I_e и I_b от протяженности h ускоряющего промежутка при $p = 5,5$ Па

Заключение. Экспериментальные исследования продемонстрировали, что зависимость предельных токов от протяженности ускоряющего промежутка имеет экстремум, наличие которого может быть связано с двумя разными механизмами развития пробоя ускоряющего промежутка. Первый механизм обусловлен напряженностью электрического поля, а второй - ионизационными процессами в ускоряющем промежутке.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 16-38-00224 мол_а.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бурдовицин В.А. Компенсация заряда изолированной мишени при облучении импульсным электронным пучком в форвакуумной области давлений / В.А. Бурдовицин, В.С. Гулькина, А.В. Медовник, Е.М. Окс // Журнал технической физики. – 2013. – Т. 83, № 12. – С. 134–136.
2. Казаков А.В. Структура поверхности полипропилена при облучении импульсным электронным пучком в форвакуумном диапазоне давлений / А.В. Казаков, А.С. Смаилов, В.А. Бурдовицин, А.В. Медовник, Е.М. Окс // Доклады ТУСУРа. – 2014. – № 4 (34). – С. 56–59.
3. Бурдовицин А.В. Об электрической прочности ускоряющего промежутка плазменного источника электронов в форвакуумном диапазоне давлений / А.В. Бурдовицин, М.Н. Куземченко, Е.М. Окс // Журнал технической физики. – 2002. – Т. 72, № 7. – С. 134–136.
4. Vorobyov M.S. The multiarc plasma cathode electron source / M.S. Vorobyov, V.V. Denisov, N.N. Koval // Proc. of International Symposium on Discharges and Electrical Insulation in Vacuum. – 2012. – P. 615–618.
5. Груздев В.А. Физические процессы формирования электронных пучков в плазменных источниках / В.А. Груздев, В.Г. Залесский // Вестник Полоцкого государственного университета. – 2007. – № 9. – С. 2–14.
6. Казаков А.В. Форвакуумный импульсный плазменный источник электронов на основе дугового разряда / А.В. Казаков, В.А. Бурдовицин, А.В. Медовник, Е.М. Окс // Приборы и техника эксперимента. – 2013. – № 6. – С. 50–53.

**ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЗМОВ ДЕГРАДАЦИИ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ
ГЕТЕРОСТРУКТУР НА ОСНОВЕ НИТРИДА ГАЛЛИЯ**

А.А. Томашевич, С.Л. Аржаков, К.К. Слепцов

Научный руководитель: профессор, д.ф.-м.н. С.Г. Еханин

Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники (ТУСУР),

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 40, 634050

E-mail: tom.alex@mail.ru

INVESTIGATION OF DEGRADATION OF GAN BASED SEMICONDUCTOR STRUCTURES

A.A. Tomashevich, S.L. Arzhakov, K.K. Slepcev

Scientific Supervisor: Prof., Dr. S.G. Ekhanin

Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics (TUSUR),

Russia, Tomsk, Lenin avenue 40, 634050

E-mail: tom.alex@mail.ru

***Abstract.** This paper contains mechanical strength analysis for GaN based light emitting diode structure. An evaluation of role of thermoplastic deformation in expansion of defect areas in consideration of new defect formation in the GaN based semiconductor heterostructure is carried out.*

Введение. Исследование механизмов деградации полупроводниковых структур имеет большое значение для понимания причин ухудшения свойств полупроводниковых приборов. В работе [1] неоднородность инжекции носителей заряда по площади структуры связывают с локальной диффузией и электромиграцией водорода, индуцированной механическими напряжениями, возникающими при формировании электродов. В данной работе мы проводим оценку роли термопластической деформации в расширении дефектных областей вследствие генерации новых дефектов.

Экспериментальная часть. Экспериментальные исследования картин фотолюминесценции поверхности гетероструктуры с ультрафиолетовой (УФ) подсветкой (известно, что дефектные области люминесцируют в желто-зеленом диапазоне [2, 3]), показали, что при испытании при повышенных плотностях тока формируются дефектные области, которые расширяются в процессе деградации.

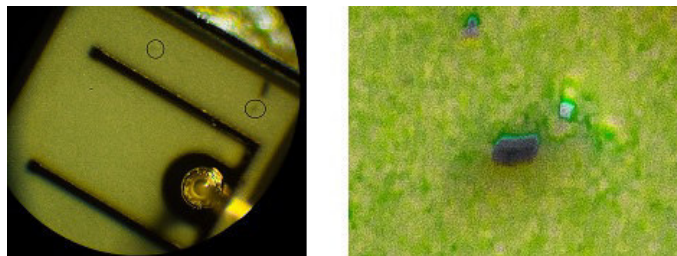


Рис. 1. Появление темных пятен на поверхности кристалла светодиода после испытаний

В данном случае темная область представляет собой канал предпочтительного зарядопереноса. Безызлучательная рекомбинация при протекании тока по этому каналу приводит к возникновению перегрева и термических напряжений. Как видно из рис. 1, по периметру канала наблюдается зеленый

ореол (при УФ подсветке), что свидетельствует о повышенной плотности дислокаций. В таблице 1 представлены экспериментальные данные, демонстрирующие зависимость площади, количества и диаметра дефектов от времени испытания и рабочего тока.

Таблица 1

Зависимость количества, диаметра и площади дефектов от величины тока и времени испытаний

N	Величина тока, мА	Время испытания, ч	Количество дефектов	Площадь дефекта, мкм ²	Эфф. диаметр дефектов, мкм	Макс. диаметр, мкм
1	75	6,0	0	0	0	0
2	100	2,0	2	3,14	2	2
3	130	3,0	3	120,105	12,36	10
4	150	1,5	5	213,52	16,48	10
5	170	2,0	12	347,755	21,04	10
6	200	0,5	20	909,03	34,03	15

Поэтому мы решили, что в процессе испытаний при неоднородности протекания тока возникают термические напряжения, которые способствуют генерации новых дефектов, что приводит к увеличению размеров дефектных областей. В статье [4], нами было показано, что при увеличении радиуса локального дефекта (шнура) температура в центре шнура увеличивается и при достижении радиуса 9 мкм перегрев в центре шнура превышает 150 °С, что совпадает с данными [5]. При таком перегреве могут возникать существенные термопластические явления, связанные с расширением вещества в области перегрева.

Расчет. Для нахождения поля деформаций $u_r(r)$ следует решить уравнение механического равновесия. Воспользуемся готовым решением для изотропного цилиндра [6].

$$u_r(r) = \frac{\alpha}{3} \cdot \frac{1+\sigma}{1-\sigma} \left\{ \frac{1}{r} \cdot \int_0^r T(\rho) \cdot \rho \cdot d\rho + (1-2\sigma) \frac{r}{R^2} \int_0^R T(\rho) \cdot \rho \cdot d\rho \right\}, \quad (1)$$

где σ - коэффициент Пуассона; R - радиус цилиндра; r - расстояние до точки, в которой оцениваются механические напряжения; $T(\rho)$ - функция зависимости температуры внутри шнура от расстояния до центра; α - температурный коэффициент объемного расширения.

Установление простой связи между компонентами тензора напряжений и температурой возможно лишь для координаты равной нулю (в центре шнура). Для нахождения величин напряжений, возникающих на оси токового шнура (где они максимальны), разложим интегралы, входящие в (1) в ряд в окрестности $r = 0$. В результате получено выражение:

$$\sigma_{rr} = \frac{\hat{E} \alpha \delta T_0}{6(1-\sigma)}, \quad (2)$$

где \hat{E} - модуль Юнга; δT - превышение температуры в центре шнура.

Подставив в формулу (2) справочные значения, получим значения, представленные в таблице 2.

Таблица 2

Зависимость температуры перегрева и напряжения в центре шнура от его радиуса

R , м	$5 \cdot 10^{-6}$	$6 \cdot 10^{-6}$	$7 \cdot 10^{-6}$	$8 \cdot 10^{-6}$	$9 \cdot 10^{-6}$
T , К	47,5	68,4	93,18	121,7	154,5
σ_{rr} , Па	$7,009 \cdot 10^6$	$1,009 \cdot 10^7$	$1,375 \cdot 10^7$	$1,796 \cdot 10^7$	$2,280 \cdot 10^7$

Обсуждение результатов. Расчет прочности на сдвиг показывает, что напряжение в кристалле нитрида галлия при данных условиях составляет всего около 20 МПа, тогда как в справочнике приводится значение предела упругости порядка 100 ГПа. Для генерации новых дислокаций полученного значения недостаточно. Таким образом, термопластический механизм размножения дислокаций невозможен. Однако результаты, полученные в работе [4], показывают, что температура перегрева зависит от радиуса шнура предпочтительного зарядопереноса, который в конечном итоге зависит от размеров кластера дислокаций. А поскольку согласно представленному расчету образование новых дислокаций невозможно, то мы вероятно наблюдаем движение (разбегание) дислокаций от области расширения вещества вследствие перегрева за счет термопластических явлений. Как известно [8], силу τ , достаточную для движения дислокаций можно рассчитать по закону Гука:

$$\tau_{max} = G \cdot x/b$$

где τ – сопротивление решетки сдвигу, G – модуль сдвига, x/b – деформация. При этом экспериментальные значения τ в 10^4 – 10^5 раз меньше максимального значения, которое составляет $G/2\pi$, а также чем шире дислокация, тем меньше сила, необходимая для ее перемещения [8]. А если учитывать, что в гетероструктуре нитрида галлия присутствует большая концентрация дислокаций, которая составляет не менее 10^9 см⁻² [7], то можно предположить, что такое движение приведет к созданию кластеров с радиусом более 9 мкм. Это может вызывать новые источники перегревов, увеличение концентрации крупных дефектов и их расширение, что и наблюдается в эксперименте.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бочкарева Н.И., Ефремов А.А. Неоднородность инжекции носителей заряда и деградация голубых светодиодов // Физика и техника полупроводников. – 2006. – Т. 40. – № 1. – С. 122–127.
2. Иванцов В.А., Суховеев В.А., Николаев В.И., Никитина И.П., Дмитриев В.А. Исследование физических свойств объемных монокристаллов нитрида галлия // Физика твердого тела. – 1997. – Т. 39. – № 5. – С. 858–860.
3. Ковалев А.Н., Маняхин Ф.И., Кудряшев В.Е., Туркин А.Н., Юнович А.Э. Изменения люминесцентных электрических свойств светодиодов из гетероструктур InGaN/AlGaIn/GaN при длительной работе // Физика и техника полупроводников. – 1999. – Т. 33. – Вып. 2. – С. 224–232.
4. Еханин С.Г., Романовский М.Н., Томашевич А.А. «Оценка локального перегрева в гетероструктуре светоизлучающего диода на основе GaN» // Доклады ТУСУРа. – 2012. – № 2 (26). – Ч. 1. – С. 57–60.
5. Закгейм А.Л., Курышев Г.Л., Мизеров М.Н., Половинкин В.Г., Рожанский И.В., Черняков А.Е. Исследование тепловых процессов в мощных InGaIn/GaN флип-чип светодиодах с использованием инфракрасной тепловизионной микроскопии // Физика и техника полупроводников. – 2010. – Т. 44. – Вып. 3. – С. 390–396.
6. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теория упругости. Теоретическая физика. – Т.7 – М.: Наука, 1987. – 246с.
7. Алексеев А.Н., Красовицкий Д.М., Петров С.И., Чалый В.П. Получение слоев GaN с пониженной плотностью дислокаций методом молекулярно-лучевой эпитаксии // Физика и техника полупроводников. – 2012. – Т. 46 – Вып. 11. – С. 1460–1462.
8. Регель В.Р., Слуцкер А.И., Томашевский Э.Е. Кинетическая природа прочности твердых тел. – М.: Наука, 1974. – 560с.

**К ВОПРОСУ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ИСПЫТАНИЙ СИЛОВЫХ
КОММУТАЦИОННЫХ GAN ТРАНЗИСТОРОВ**

А.А. Томашевич, А.Г. Лошилов, Е.В. Ерофеев

Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники (ТУСУР),

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 40, 634050

E-mail: main@skbsmena.ru

ON QUESTION OF AUTOMATED TESTS OF GAN POWER TRANSISTORS

A.A. Tomashevich, A.G. Loshchilov, E.V. Erofeev

Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics (TUSUR),

Russia, Tomsk, Lenin avenue 40, 634050

E-mail: main@skbsmena.ru

***Abstract.** This paper discusses automation solution for testing of GaN based power transistors. This solution includes switching circuit that makes it possible to measure representative samples in amounts of ten and more in automatic mode. It enables to reduce efforts and increase measurement repeatability.*

Введение. В рамках ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014 - 2020 годы» в НОЦ «Нанотехнологии» ТУСУР в партнерстве с АО НПФ «Микран» разрабатываются экспериментальные образцы силовых коммутационных GaN транзисторов [1]. Проведение исследовательских испытаний в процессе производства транзисторов играет важнейшую роль и позволяет оценить показатели качества. Для достижения требуемой достоверности результатов необходимо исследовать репрезентативную выборку изделий. Выполнение измерений в ручном режиме сопряжено с большими временными затратами и высокой трудоемкостью. Кроме того, при ручном переключении образцов неизбежно вырастет погрешность измерения. Ввиду вышеуказанной проблемы нами предлагается техническое решение, позволяющее проводить исследовательские испытания силовых GaN транзисторов в автоматизированном режиме.

Объект испытаний и требования. Объектом испытаний является силовой коммутационный GaN, имеющий следующие основные параметры:

- 1) начальный ток стока транзистора 100 мкА;
- 2) пороговое напряжение отпираия +1 В;
- 3) максимальный рабочий ток транзистора 60 А;
- 4) ток затвор-исток транзистора 1 мА;
- 5) входная емкость 500 пФ;
- 6) блокирующее напряжение сток-исток 200 В;
- 7) сопротивление открытого канала 40 мОм.

На рис. 1 представлена типовая схема включения полевого транзистора с общим истоком и фотография транзистора в корпусе.

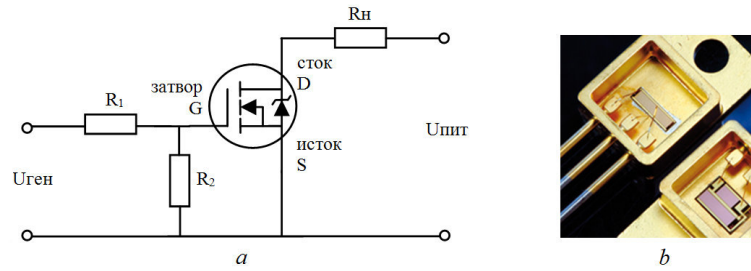


Рис. 1. Схема включения (а) и фотография силовых GaN транзисторов в корпусе (b)

Согласно программе и методики испытаний к образцам предъявляются следующие требования:

1. Начальный ток стока I_{DSS} при $U_{GS} = 0$ В; $U_{DS} = 100$ В не более 150 мкА;
 2. Ток утечки затвора I_{GSS} при $U_{GS} = -5, -4, -3, -2, -1, 1, 2, 3, 4, 5$ В не более 3000 мкА;
 3. Сопротивление сток-исток R_{DS} при $I_D = 5$ А не более 25 мОм;
 4. Пороговое напряжение отпириания транзистора U_{GS} в диапазоне от 0,7 В до 2,5 В;
 5. Постоянное прямое напряжение на диоде U_{SD} не более 1,8 В;
 6. Длительность фронта включения транзистора при $R_n = 2$ Ом, $U_{DS} = 100$ В не более 20 нс;
 7. Длительность фронта выключения транзистора при $R_n = 2$ Ом, $U_{DS} = 100$ В не более 20 нс;
 8. Отклонение значений характеристик I_{DSS} , I_{GSS} , R_{DS} , U_{GS} , U_{SD} , и t_r , t_f транзисторов, измеренных до наработки и после наработки в течение 100 часов в нормальных условиях не должно превышать $\pm 5\%$.
- Испытание должно проводиться на выборке экспериментальных образцов в количестве не менее 10 шт.

Обобщенная схема измерения. На основании предъявленных к объекту контроля требований предложена обобщенная схема измерения параметров GaN транзистора в ручном режиме (рис. 2).

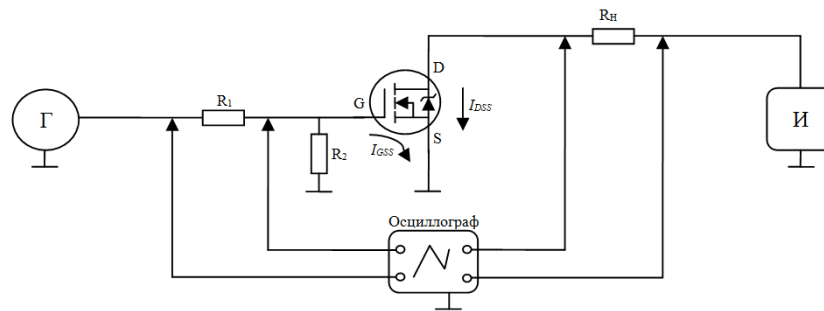


Рис. 2. Структурная схема измерения параметров транзистора в ручном режиме

Схема содержит высоковольтный источник питания (И); генератор сигналов специальной формы (Г), позволяющий измерить как статические характеристики транзистора при подаче постоянного смещения на затвор, так и динамические характеристики в режиме подачи последовательности прямоугольных импульсов. Четырехканальный осциллограф позволяет одновременно регистрировать значения параметров и формы сигналов в цепях затвора, стока и истока.

Для автоматизации измерений характеристик выборки транзисторов предлагается использовать решение, аналогичное [2]. Для этого исследуемые образцы дискретных транзисторов должны быть предварительно смонтированы на коммутационную плату, которая впоследствии устанавливается в специализированный коммутатор, позволяющий задавать режимы испытаний как для каждого

транзистора в отдельности, так и для всей совокупности транзисторов (например, при исследовании стабильности параметров транзисторов). На рис. 3 представлена обобщенная схема предлагаемого коммутатора, имеющая матричную организацию.

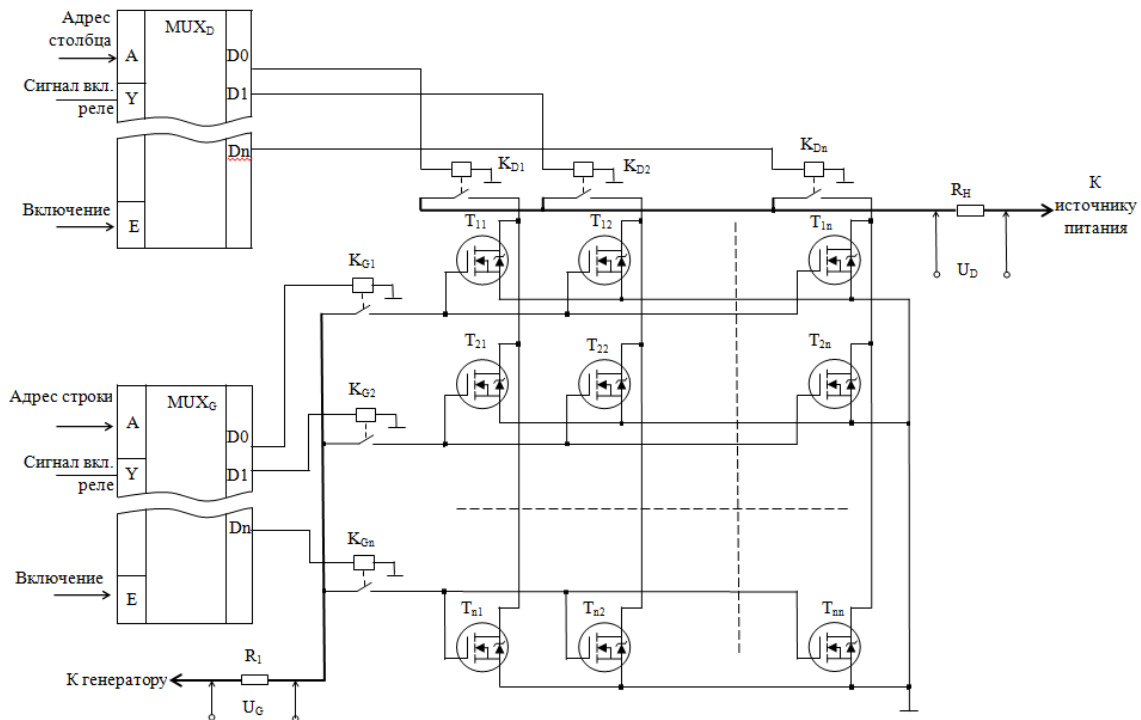


Рис. 3. Обобщенная структурная схема коммутатора

Управление работой коммутатора осуществляет микроконтроллер, который по команде управляющего компьютера может изменить состояния сигналов на адресных входах мультиплексов MUX_D и MUX_G, изменяя, тем самым, активный транзистор для проведения измерений.

Заключение. Предлагаемое решение позволяет производить измерение основных параметров тестовой партии транзисторов на основе нитрида-галлия в автоматизированном режиме без вмешательства оператора в процесс измерения, что повысит повторяемость результатов и снизит систематическую погрешность измерений.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ (Соглашение № 14.577.21.0204 от 27.10.15). Уникальный идентификатор проекта RFMEFI 57715 X 0204.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ерофеев Е. В., Кагадей В. А., Казимиров А. И., Федин И. В. Силовые коммутационные транзисторы на основе нитрида галлия для высокоэффективных вторичных источников электропитания // Журнал Энергобезопасность и энергосбережение. – №6 (60). – 2014. – С. 26–28.
2. Ekhanin S., Tomashevich A., Ermolaev A., Loschilov A. Test and Measurement Complex for Investigation of GaN Based High-Brightness Light-Emitting Diodes // Материалы XII Международной IEEE Сибирской конференции по управлению и связи SIBCON. – Москва, 2016. – С. 1–4.

**СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ УРОВНЕЙ МНОГОФАЗНЫХ
ЖИДКОСТЕЙ**

Е.И. Тренкаль, А.Г. Лоцилов

Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники (ТУСУР),

Специальное конструкторское бюро «Смена»,

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 40, 634050

E-mail: main@skbsmena.ru

APPROACH FOR IMPROVING MEASUREMENT PRECISION OF MULTIPHASE LIQUID LEVELS

E.I. Trenkal, A.G. Loshchilov

Tomsk state university of control systems and radioelectronics (TUSUR),

Special design bureau «Smena»

Russian Federation, Tomsk city, Lenin Avenue 40, 634050

E-mail: main@skbsmena.ru

***Abstract.** The solution allowing to determine the structure and the layers parameters of the multiphase liquid in real-time mode is proposed. The method is based on using the periodic controllable loads in the measuring probe construction, which can change their own parameters at the required time moment. In the paper an algorithm for determination of the layers parameters of the multiphase liquid is shown.*

Введение. Актуальной задачей современной промышленности является измерение уровней многослойной среды, представляющей собой комбинацию из нескольких жидкостей с различными параметрами. Перспективным решением для осуществления этой процедуры является использование рефлектометрии во временной области (Time domain reflectometry (TDR)) – метода, позволяющего определить характеристики исследуемого объекта на основе анализа его реакции на тестовое воздействие. Обзор и анализ публикаций, посвященных измерению уровней жидкости методом TDR, представлен в работе [1].

Недостатком существующих решений является использование априорных сведений о параметрах измеряемых жидкостей, полученных либо на основе справочных данных, либо в результате процедуры калибровки при монтаже измерительной системы. На практике параметры жидкостей не являются стационарными и зависят от внешних условий, что делает актуальной задачу поиска способа определения параметров слоев многофазной жидкости в процессе измерения.

Описание предлагаемого способа измерения. В качестве решения предлагается использовать модифицированную конструкцию измерительного зонда, включив в её состав управляемые нагрузки с известными параметрами. Это позволит реализовать два режима работы измерительного зонда: режим калибровки, при котором последовательно изменяются состояния управляемых нагрузок и определяются параметры исследуемых сред, и режим измерения, при котором управляемые нагрузки не влияют на распространение сигнала в измерительном зонде, либо искажения, вызванные их включением – незначительны. На рис. 1 приведен пример конструкции измерительного зонда, содержащего управляемые нагрузки.

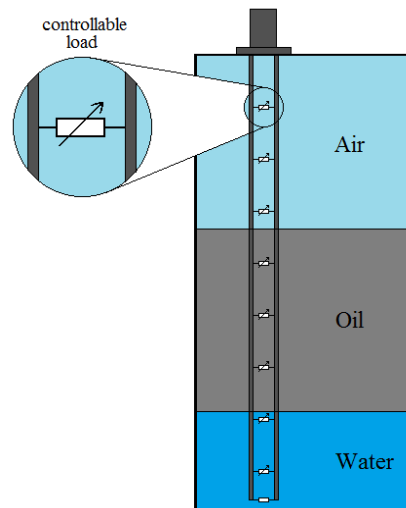


Рис. 1. Пример измерительного зонда с управляемыми нагрузками

Алгоритм измерения, позволяющий определить параметры слоев многофазной жидкости с использованием измерительного зонда предложенной конструкции включает в себя следующие шаги [2]:

1. Формирование вектора рефлектограмм. Проводится последовательность измерений (расчетов) рефлектограмм измерительного зонда для заданного набора состояний управляемых нагрузок.

2. Определение массивов откликов. Формируется два массива, содержащих информацию об амплитудах и временных задержках откликов, отраженных от:

- а) границ раздела фаз и конца измерительного зонда;
- б) управляемых нагрузок.

Из формируемых массивов исключаются паразитные переотражения, определение которых проводится путем применения алгоритма селекции сигналов [3].

3. Определение структуры многофазной жидкости и принадлежности управляемых нагрузок её слоям. Определяется количество слоев многофазной жидкости. Каждому отклику, отраженному от управляемой нагрузки, приводится в соответствие слой, в котором эта управляемая нагрузка находится.

4. Определение параметров слоев многофазной жидкости. По параметрам откликов от управляемых нагрузок для каждого слоя последовательно определяются:

- а) скорость распространения v ;
- б) диэлектрическая проницаемость ϵ и длина слоя l ;
- в) коэффициент затухания α и коэффициент отражения Γ .

Моделирование. Для оценки эффективности нового подхода было проведено моделирование измерения параметров многофазной жидкости с использованием классического и предложенного подхода измерения. Ключевое отличие заключается в способе оценки диэлектрической проницаемости среды: при классическом подходе используются справочные данные; в предлагаемом подходе измерение параметров среды выполняется в режиме калибровки уровнемера.

В таблице 1 представлены параметры моделируемой многофазной среды, а также справочное значение относительной диэлектрической проницаемости, используемое при расчете классическим подходом.

Таблица 1

Параметры многофазной жидкости

№ слоя	Относительная диэлектрическая проницаемость ϵ	Справочное значение относительной диэлектрической проницаемости ϵ	Потери α , дБ/м	Длина слоя l , м
1	1,05	1	0,5	0,3
2	2,3	2,1	1	0,5
3	70	80	2	0,5

В модели конструкции измерительного зонда, реализующего предлагаемый подход, использовалось шесть управляемых нагрузок, равномерно расположенных по всей длине измерительного зонда. В вычислительном эксперименте учитывались: а) шум генератора: закон распределения – нормальный; среднее квадратичное отклонение напряжения – 1 мВ; б) шум приёмника: закон распределения – нормальный; среднее квадратичное отклонение напряжения – 600 мкВ; в) квантование сигнала приемником: разрешающая способность – 16 бит. Результаты расчета длин слоев и относительная погрешность для предложенного и классического подхода представлены в таблице 2.

Таблица 2

Результаты расчета длин слоев многофазной жидкости

№ слоя	Классический подход		Предлагаемый подход	
	Длина слоя l , м	Относительная погрешность δ , %	Длина слоя l , м	Относительная погрешность δ , %
1	0,307	2,333	0,299	0,045
2	0,523	4,6	0,5003	0,062
3	0,468	6,4	0,499	0,102

Заключение. В работе предложен подход, основанный на использовании в конструкции измерительного зонда управляемых нагрузок, позволяющих в необходимый момент времени изменять их характеристики. Предложенное решение позволяет в режиме реального времени определять структуру и параметры слоев многофазной жидкости, тем самым повысить точность измерения уровней слоев многофазной жидкостей. Представленные результаты расчетов показывают более высокую точность предлагаемого метода по отношению к существующему классическому подходу измерения, что говорит о высоком потенциале предлагаемого метода и перспективах развития данного направления.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тренкаль Е.И. Измерение уровней жидкости методом импульсной рефлектометрии (обзор) / Е.И. Тренкаль, А.Г. Лошилов // Доклады ТУСУР. – 2016. – Т. 19, № 4. – С. 67–73.
2. Trenkal E.I. New approach for increasing the precision of TDR analysis of multilayer environments / E.I. Trenkal, A.G. Loshchilov // Proceedings of TUSUR University. – 2016. – Т. 19, № 4. – С. 5–9.
3. Тренкаль Е.И. Алгоритм селекции полезных сигналов в задаче TDR-измерения уровней многофазных жидкостей / Е.И. Тренкаль, А.Г. Лошилов // Электроника и микроэлектроника СВЧ: сборник трудов всероссийской научно-технической конференции. – СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ». – 2016. – Т. 1. – С. 222–226.

**ИССЛЕДОВАНИЕ АЛГОРИТМА ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА КАНАЛА СВЯЗИ СОГЛАСНО
СТАНДАРТУ G3-PLC**

Д.Р. Уразаев, А.Н. Клименко, И.Ю. Поляков

Научный руководитель: к.т.н. Д.Д. Зыков

Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники,

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 40, 634050

E-mail: udr@csp.tusur.ru

**RESEARCH OF COMMUNICATION QUALITY ASSESSMENT ALGORITHM ACCORDING TO
THE STANDARD G3-PLC**

D.R. Urazayev, A.N. Klimenko, I.Yu. Polyakov

Scientific Supervisor: Ph.D. D.D. Zykov

Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics,

Russia, Tomsk, Lenin str., 40, 634050

E-mail: udr@csp.tusur.ru

***Abstract.** PLC technology provides an opportunity to reduce operating costs in the construction of new telecommunications networks. PLC is used to transfer information between various devices through AC power lines located inside buildings. There are various approaches for the transmission of information through the power line. Distinction of these approaches is caused by the demands made by standard applications, which is using PLC as the data transmission channel. Accordingly, all PLC systems can be divided into two groups: 1) narrowband systems, with a data transfer rate of up to 100 kb/s; 2) broadband systems with a data transfer rate of more than 2 MB/s.*

Введение. PLC-технология предоставляет возможность снизить эксплуатационные расходы при построении новых телекоммуникационных сетей. PLC используется для передачи информации по сети переменного тока между различными устройствами расположенных внутри зданий. Имеются различные подходы для передачи информации по линии электросети. Различие данных подходов обусловлено требованиями, выдвигаемыми типовыми приложениями, использующих PLC в качестве канала передачи данных. Соответственно все PLC системы можно разделить на две группы:

- узкополосные системы, со скоростью передачи данных до 100 кб/с;
- широкополосные системы со скоростью передачи данных свыше 2 Мб/с [1].

Материалы и методы исследования. Основной проблемой использования электрических сетей в качестве канала связи для передачи информации заключается в том, что существующие электросети изначально не предназначались для передачи данных. Они отличаются высоким уровнем помех и большим затуханием высокочастотного сигнала, а также тем, что параметры линии, зачастую постоянные для традиционных физических сред передачи, данных, существенно изменяются во времени в зависимости от текущей нагрузки. В связи с этим показатели скорости и надежности связи по электрическим сетям зачастую зависят от выбора типа модуляции [2]. Для канала связи энергосети можно определить следующие характеристики:

- затухание сигнала;
- импеданс;
- фазо-частотные характеристики.

Другой проблемой организации связи с использованием электрических сетей является наличие шума в канале передачи данных. По сравнению с другими телекоммуникационными каналами, канал энергосети не является каналом только лишь с аддитивным гауссовским белым шумом. Основные типы шумов в электробытовой сети:

- окрашенный фоновый шум;
- узкополосный шум;
- импульсный шум.

Результаты. Стандарт G3-PLC поддерживает участок спектра между 35,9 кГц и 90,6 кГц полосы частот CENELEC-A. Для адаптации линии связи используется оценка канала. На основании качества принятого сигнала, приемник должен передать обратно предложенную схему модуляции для использования передающей станцией в последующих пакетах, передаваемых на тот же приемник. Кроме того, система различает поднесущие с недостаточным соотношением *signal-to-noise ratio* (SNR) и не передает сведения на них. Имеющаяся полоса пропускания разделена на несколько подканалов, которые могут рассматриваться как множество независимых поднесущих с PSK-модуляцией и разными не мешающими (ортогональными) частотами [3]. Сверточное кодирование и кодирование по методу Рида-Соломона обеспечивают избыточные биты, позволяя приемнику восстановить биты, потерянные из-за фонового и импульсного шума. Для уменьшения корреляции принимаемого шума на входе декодера используется схема частотно-временного перемежения, обеспечивающая разнесение сигналов [4].

Рассмотрим передачу сигнала в канале с аддитивным гауссовским белым шумом (AWGN). В ходе эксперимента была промоделирована передача сигнала в канале AWGN без использования манипуляций и с использованием PSK манипуляций. Модели систем передачи сигналов представлены на рис. 1.

Также были исследованы зависимости выходных сигналов от типа используемых манипуляций. Для сравнения использовали передачу сигнала в зашумленном канале без применения манипуляций. Результаты представлены на рис. 2.

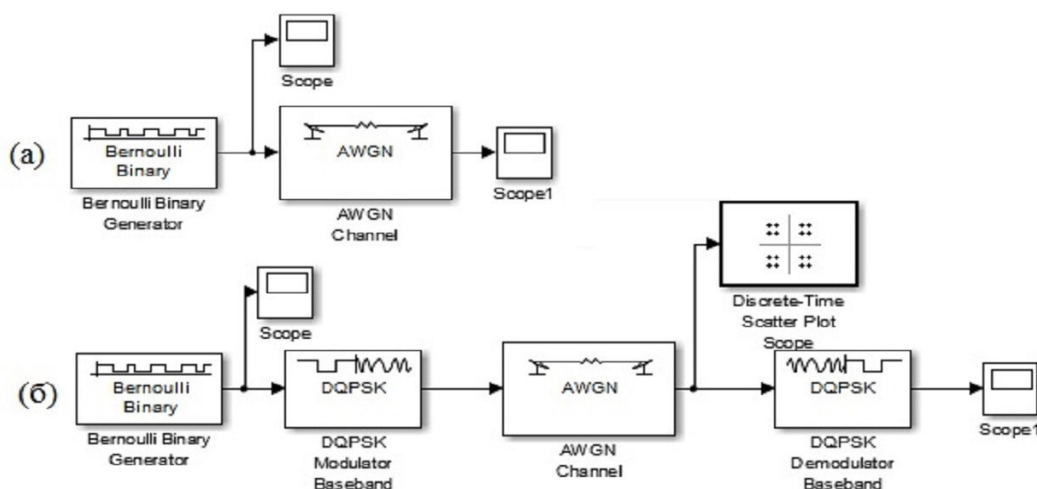


Рис.1. Моделирование передачи сигнала в AWGN канале: (а) - без применения манипуляций, (б) - с применением DQPSK манипуляций

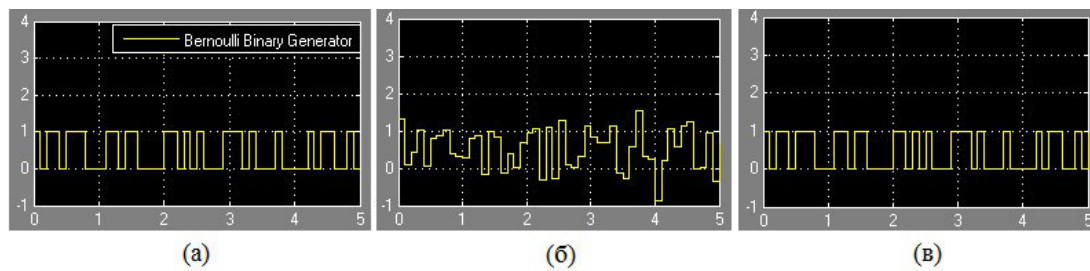


Рис.2. Результаты моделирования, где (а) - исходный сигнал, (б) - выходной сигнал без применения манипуляции, (в) - выходной сигнал с применением манипуляций

Критерием оценки качества связи в канале PLC в соответствии со стандартом G3-PLC [5] является параметр *Link Quality Indication* (LQI). LQI является целым числом в пределах от 0x00 до 0xFF, и соответствующие значения LQI равномерно распределяются между этими двумя пределами. Значение LQI равно среднему значению SNR (при усреднении, осуществляемом по всем активным и пилотным тонам (при их наличии) в частотном плане и по всем символам OFDM в принятом пакете). Активные тоны определяются как тоны, переносящие данные. Значение LQI вычисляется на *physical layer* (PHY) и передается на уровень *media access control* (MAC). Где LQI используется для определения параметров передачи, таких как режимы модуляции.

Заключение. Данные алгоритмы могут быть использованы при проектировании гетерогенных систем передачи данных. При использовании двух каналов передачи данных, таких как радиоканал и PLC, необходимо динамически выбирать наиболее подходящий канал передачи данных и адаптироваться к различным условиям в каждом конкретном канале. Вследствие чего для более детального анализа необходимо провести моделирование алгоритма оценки качества канала связи в G3-PLC. На основании результатов проведенного моделирования разработать собственный алгоритм, позволяющий использовать его в гетерогенных системах связи.

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки РФ по Соглашению № 14.577.21.0230. Уникальный идентификатор проекта: RFMEFI57716X0230.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шишкин Ф.Д. Технология PLC и ее применение / Ф.Д. Шишкин, С.А. Бростилов, В.А. Трусов // Новые информационные технологии в автоматизированных системах. – 2015. – № 18. – С. 402–406.
2. Lewandowski C. Performance evaluation of PLC over the IEC 61851 control pilot signal / C. Lewandowski, S. Groning, J. Schmutzler, C. Wietfeld // 5th Workshop on Power Line Communications. – 2011.
3. Nee R., Prasad R. OFDM for wireless multimedia communications. – Norwood: Artech House, Inc., 2000. – 280 p.
4. Адиев Т.И. Применение предварительной коррекции в системах с ортогональным частотным мультиплексированием (на примере PLC-систем): дис. канд. техн. наук. – Уфа. – 2015. – 124 с.
5. Razazian K. G3-PLC specification for powerline communication: Overview, system simulation and field trial results / K. Razazian, et al. // IEEE International Symposium on Power Line Communications and Its Applications. – Rio de Janeiro, Brazil, 2010. – P. 313–318.

ЭЛЕКТРОТЕПЛОВАЯ АНАЛОГИЯ ТЕРМОСТАТА ДЛЯ ИГОЛЬЧАТЫХ НАГРЕВАТЕЛЕЙ

К.И. Хан

Научные руководители: доцент каф. ПрЭ, к.т.н. Д.О. Пахмурин

профессор каф. ПрЭ, к.т.н. В.Д. Семенов

Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники.

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 40

E-mail: kazmorebig@ya.ru

ELECTROTHERMAL ANALOGY OF THERMOSTAT FOR NEEDLE HEATERS

K.I. Khan

Scientific supervisors: associate professor, Candidate of Technical Sciences D.O. Pakhmurin

professor, Candidate of Technical Sciences V.D. Semenov

Tomsk state university of control systems and radioelectronics, Lenin str., 40, 634050.

E-mail: kazmorebig@ya.ru

***Abstract.** The objective of calibrating module in local hyperthermia complex is to maintain needle heaters' temperature on certain level. Electrothermal analogy method allows to transform calculating of thermal systems into calculating of electronic schemes. Using this method, we get a transition function of regulated asset, which can be used to calculate automatic control system.*

Введение. Задача калибровочного модуля в комплексе локальной гипертермии – стабилизировать температуру камеры термостата для калибровки игольчатых нагревателей комплекса локальной гипертермии. Термостат должен обеспечивать стабилизацию температуры на уровне 45°C с высокой точностью стабилизации ($\pm 0,1$ °C).

Для проектирования системы автоматического регулирования необходимо математическое представление модели самого объекта регулирования. Создание такого представления с учетом всех физических процессов является сложной задачей, поэтому существует множество методов упрощения, путем проведения аналогий с моделями, расчет которых является более простым.

Камера термостата. Камера термостата изображена на рис. 1 В модели системы автоматического регулирования камера должна быть представлена в виде звена САУ. Для этого используем метод электротепловой аналогии. Камера термостата представляет собой две медные пластины 1, 2 с прорезями для игольчатых нагревателей 3, на которые плотно намотана обмотка из медного провода 4, выполняющая роль нагревательного элемента. Массив меди с нагревателем помещены в корпус из теплоизоляционного материала.

Ток в ветвях электрической схемы электротепловой аналогии эквивалентен тепловому потоку, потенциал элементов относительно общей точки – температуре элементов. Аналогом элементов тепловой цепи являются RC цепи, где R – эквивалент теплового сопротивления, C – эквивалент теплоемкости. Источник тока – источник теплового потока (нагреватель). Источник напряжения – объект с постоянной температурой (окружающая среда)[1].

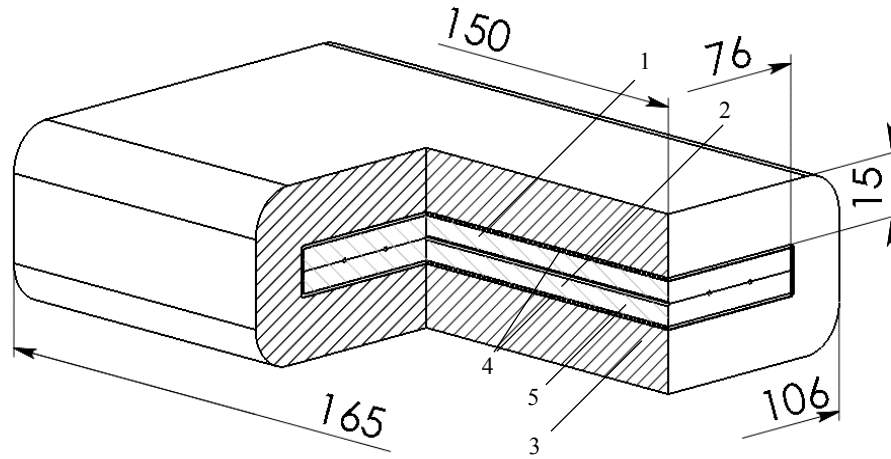


Рис 1. Вид камеры термостата в разрезе.

1,2 – медные пластины; 3 – прорезы для игольчатых нагревателей; 4 – обмотка из медного провода; 5 – теплоизоляционный материал;

Согласно приведенной конструкции термостата составим электрическую схему по электротепловой аналогии (рис 2).

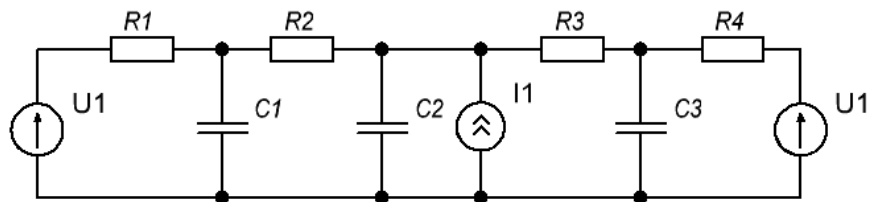


Рис 2. Схема электрическая

Расчет параметров электрической схемы электротепловой аналогии производится по следующим формулам [2]:

Емкость конденсатора:

$$C = m \cdot C_{уд},$$

где C – емкость конденсатора,

m - масса элемента

$C_{уд}$ – удельная теплоемкость элемента

Величина сопротивления:

$$R = \frac{l}{\lambda \cdot S}$$

где R – тепловое сопротивление цепи,

l – длина теплопроводной цепи

λ – коэффициент теплопроводности материала

S – площадь поперечного сечения теплового потока

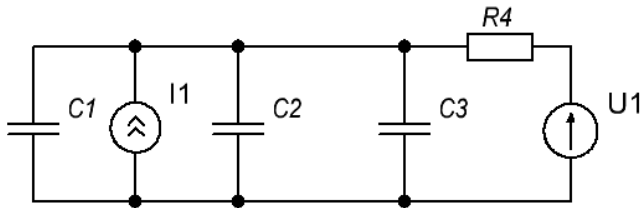


Рис 3. Эквивалентная схема цепи

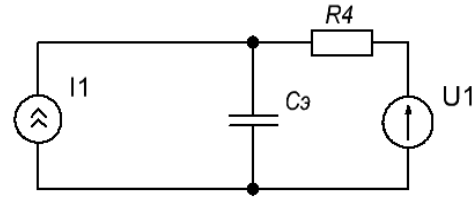


Рис 4. Эквивалентная схема цепи

В результате расчета по приведенным формулам было определено, что сопротивления $R2$ и $R3$ много меньше чем $R4$. Принимая во внимание, что $R1 = \infty$ схему электротепловой аналогии можно упростить (рис 3). Вводя эквивалентную емкость: получим схему, приведенную на рис. 4.

Аналитическое выражение для расчета переходного процесса. Для расчета реакции системы на единичное воздействие необходимо определить параметры схемы при переходном процессе (замыкание ключа $SA1$, размыкание ключа $SA2$) рис 5 [3].

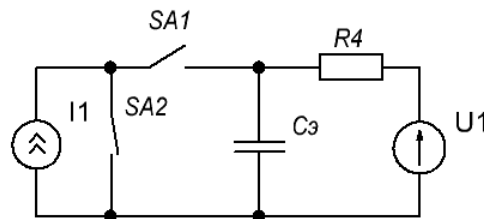


Рис 5. Эквивалентная схема с ключами коммутации.

В результате расчета переходного процесса получим выражение [5]:

$$U_c(t) = \frac{(U1 + C \cdot U1 \cdot R - C \cdot I \cdot R^2) \cdot e^{-\frac{t}{C \cdot R}} + C \cdot I \cdot R^2}{C \cdot R}$$

Заключение. Полученное выражение для переходной характеристики позволяет оценить время нагрева термостата при постоянной мощности до оперативной температуры. Выражение в операторной форме может быть использовано для анализа камеры термостата как объекта регулирования в системе автоматического управления.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Н.М. Тугов, Б.А. Глебов, Н.А. Чарыков Полупроводниковые приборы – М.: Энергоатомиздат, 1990.-576 с.: ил.
2. Пахмурин Д.О. Электронные устройства управления температурой в незамкнутом объёме живой ткани: дис... канд. техн. наук. – Томск, 2012. – 31 с.
3. Фокин В.М., Бойков Г.П., Видин Ю.В. Основы технической теплофизики. — М.: Машиностроение-1, 2004. — 172 с.
4. Бейтмен Г., Эрдейи А. Таблицы интегральных преобразований – М.: Наука, 1969. – 344с.

РАЗРАБОТКА ИСТОЧНИКА ПИТАНИЯ ДЛЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ШАГОВОГО ДВИГАТЕЛЯ

Л.А. Хан, В.А. Сон, А.А. Ким

Научный руководитель: Д.О. Пахмурин, к.т.н., доцент.

Томский Университет Систем Управления и Радиоэлектроники

Россия, г. Томск, пр.Ленина, 40,634050

E-mail: kitty_2708@mail.ru

DEVELOPMENT OF THE POWER SOURCE FOR STEPPER MOTOR CONTROL SYSTEM

L.A.Khan, V.A.Son, A.A.Kim

Scientific Supervisor: Ass. Prof., Ph.D. D.O. Pahmurin.

Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics,

Russia, Tomsk city, Lenina Prospect, 40, 634050

E-mail: kitty_2708@mail.ru

Abstract. *In the present study, we performed the comparative analysis of existing power sources for stepper motor control system and developed solution that overcame several issues considering price of the final device and its compliance with the state standards.*

Введение. В рамках проекта была поставлена задача разработать источник питания для системы управления (СУ) шагового двигателя (ШД), подключаемый к сети переменного напряжения $\sim UC = 220 - 240$ В, 50 Гц, с выходными параметрами 24 В и 6.2 А.

При исследовании аналогов был сделан вывод, что следует разработать источник питания с относительно низкой ценой, достаточным КПД, так как основными недостатками представленных на настоящее время источников питания являются высокая цена, отсутствие корректора коэффициента мощности (ККМ) и низкий КПД.

Материалы и методы исследования.

Структурная схема источника питания приведена на рисунке 1.

В схему включены: универсальный сетевой фильтр (УСФ), выпрямитель, ККМ, емкостный делитель напряжения (DC/DC преобразователь), LC фильтр и нагрузка (стабилизатор напряжения, микроконтроллер (МК), дисплей, драйвер, шаговый двигатель (ШД) и координатный стол (КС)).

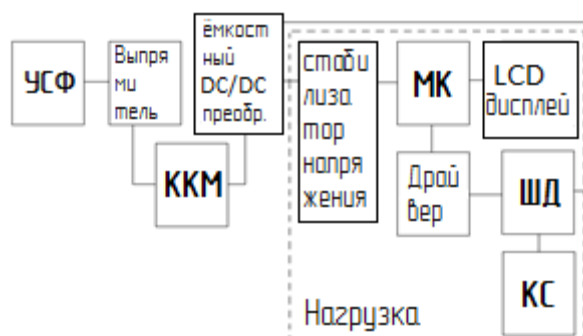


Рис. 1. Структурная схема источника питания

Основная задача ККМ заключается в уменьшении (в идеальном случае до нуля) сдвига фазы между потребляемым током и напряжением сети при сохранении синусоидальной формы тока. Для этого необходимо, чтобы сетевой ток протекал от сети в нагрузку не короткими интервалами во время зарядки накопительного конденсатора, а непрерывно.

Преобразователь напряжения понижающего типа предназначен для преобразования напряжения с ККМ до нужных нам 24В. Принцип работы емкостного DC/DC преобразователя заключается в том, что полевые транзисторы работают в противотакте, тем самым, обеспечивая зарядку и разрядку конденсаторов.

Результаты. В ходе работы над проектом было проведено моделирование в среде *LTSpice*. Схема математической модели DC/DC преобразователя приведена на рисунке 2.

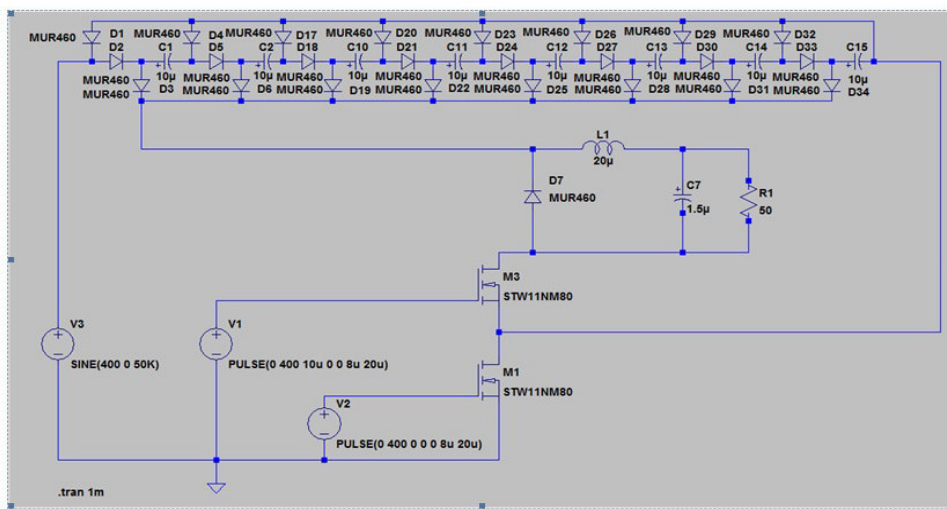


Рис. 2. Математическая модель DC/DC преобразователя

Диаграммы тока на полевых транзисторах $M3$, $M1$ приведены на рисунках 3а и 3б.

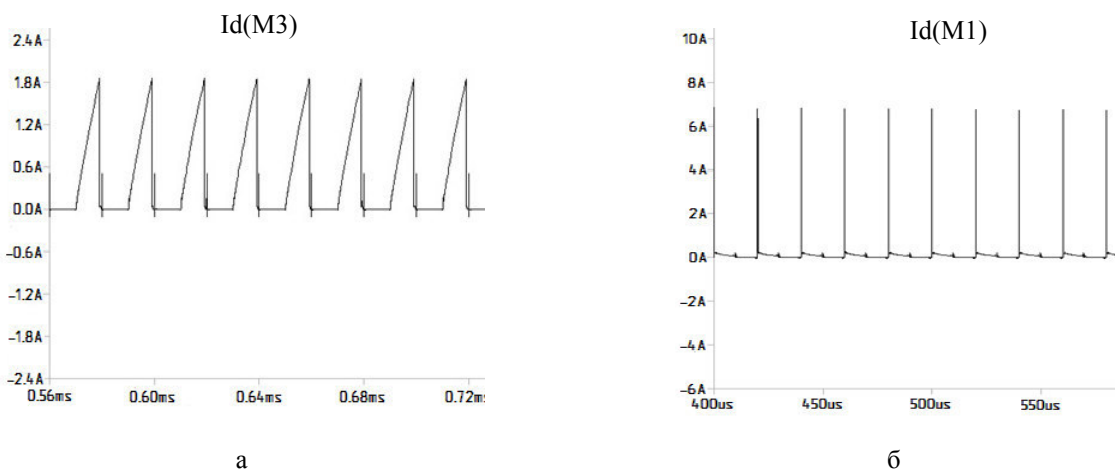


Рис. 3. Диаграммы тока на полевых транзисторах: а – $M3$; б – $M1$.

При открытом полевом транзисторе $M3$ ток протекает через индуктивность $L1$, на временной

диаграмме мы видим ток заряда индуктивности фильтра. Резкий спад тока обусловлен запирающим полем транзистора. Дроссель после записания транзистора, стараясь поддержать ток в прежнем направлении начинает разряжаться через нулевой диод. Токи на полевых транзисторах так же не превышают значение в 10 А, что учитывалось при выборе транзистора.

Диаграмма напряжения на выходе схемы приведена на рисунке 4.

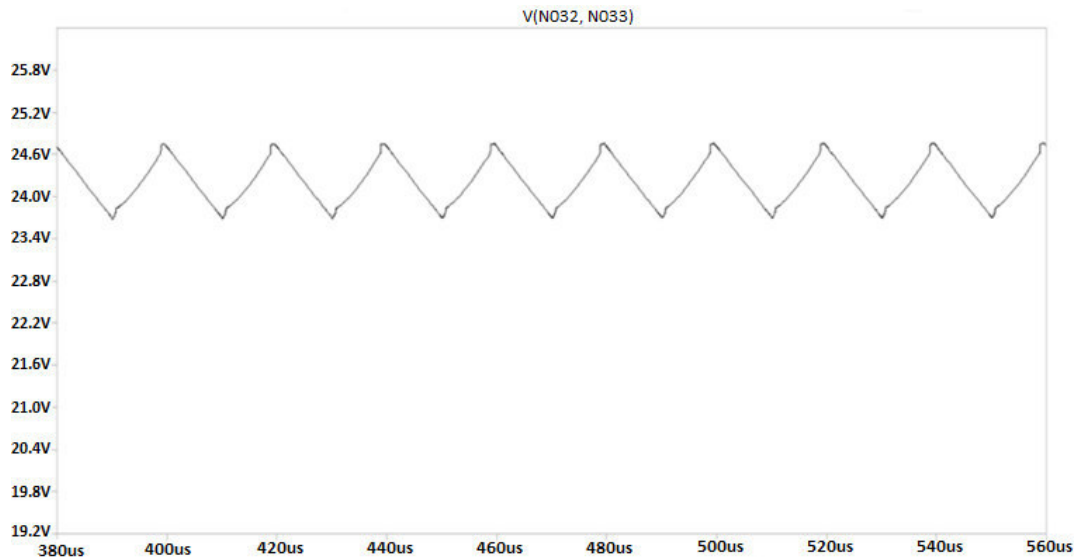


Рис. 4. Диаграмма напряжения на выходе схемы

На диаграмме выходного напряжения, можно увидеть заряд конденсатора $C7$ в момент открытого состояния транзистора $M3$, закрытого $M1$ (процесс заряда конденсаторов в емкостном делителе), а также его разряд при закрытом состоянии транзистора $M3$ и открытом $M1$. Амплитуда напряжения составляет 0.5В. Что не превышает 5% от заданного выходного напряжения.

Заключение. В данной статье был рассмотрен один из вариантов схемотехнического решения по созданию источника питания для СУ ШД. В ходе работы был предложен вариант, в котором были устранены недостатки источников питания для СУ ШД. Можно утверждать, что данный проект является хорошей базой для разработки и усовершенствования подобных систем.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Разработка принципов активной фильтрации тока, сетевых источников электропитания, средств связи. [Электронный ресурс]. Режим доступа: [-http://vunivere.ru/work18779/page6](http://vunivere.ru/work18779/page6), свободный (дата обращения: 07.12.2016)
2. Учебно-практический центр Эксперт. Входные цепи импульсного источника питания. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.xprt.ru/site/index.php/component/content/article/72-stati/istochniki-pitaniya/152-vkhodnye-tsepi-impulsnogo-istochnika-pitaniya>, свободный (дата обращения: 07.12.2016)
3. Radio Storage Универсальный сетевой фильтр. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://radiostorage.net/?area=news/1427>, свободный (дата обращения: 15.12.2017)

**СОВРЕМЕННЫЕ ПРОГРАММНЫЕ СРЕДСТВА ОБРАБОТКИ
НАВИГАЦИОННЫХ ИЗМЕРЕНИЙ ГЛОНАСС/GPS И ИХ ОСОБЕННОСТИ**

А. Г. Ханин

Научный руководитель: профессор, д.ф.-м.н. Ю. Е. Воскобойников

Сибирский государственный университет геосистем и технологий,

Россия, г. Новосибирск, ул. Плеханова, 10, 630108

E-mail: khanin@ngs.ru

**MODERN SOFTWARE FOR PROCESSING
NAVIGATION MEASUREMENTS OF GLONASS/GPS AND THEIR FEATURES**

A.G. Khanin

Scientific Supervisor: Prof., Dr. Yu. E. Voskoboynikov

Siberian State University of Geosystems and Technologies,

Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo Street, 630108

E-mail: khanin@ngs.ru

***Abstract.** The article gives examples of specialized programs «ModBis24», «Etna», developed with the direct participation of the author. A key goal of development is to improve the methods and algorithms of collecting, processing, storage and use of GLONASS and GPS measurements.*

Введение. В настоящее время спутниковые навигационные системы ГЛОНАСС и GPS являются достаточно актуальными и востребованными научно-техническими разработками. По своей структуре они представляют собой сложные аппаратно-программные комплексы, позволяющие конечным потребителям с высокой точностью определять собственное местоположение, параметры движения, а также синхронизировать собственное локальное время с эталонным.

При формировании так называемого эфемеридно-временного обеспечения ГЛОНАСС/GPS используется специализированное программное обеспечение (СПО) [1]. Разработку подобного СПО ведут и специалисты Службы времени и частоты в Сибирском научно-исследовательском институте метрологии (ФГУП «СНИИМ»). Примерами специализированных программ являются приложения «ModBis24» и «Etna», разработанные при непосредственном участии автора доклада. Ключевой целью их разработки стало совершенствование методов и алгоритмов сбора, обработки, хранения и использования навигационных измерений ГЛОНАСС и GPS.

Материал для работы и исследований. Согласно техническому заданию, программный пакет «ModBis24» призван решать обширный круг задач, а именно: отработку методов и алгоритмов вычисления параметров движения спутниковых группировок ГЛОНАСС и GPS; исследование влияния различных факторов на точность оценивания параметров орбит; исследование математических моделей орбитальных группировок, измерительных каналов и возмущений; исследование и сравнительный анализ методов и алгоритмов уточнения орбит по данным траекторных измерений; исследование и сравнительный анализ методов и алгоритмов предварительной обработки траекторных измерений и другие задачи.

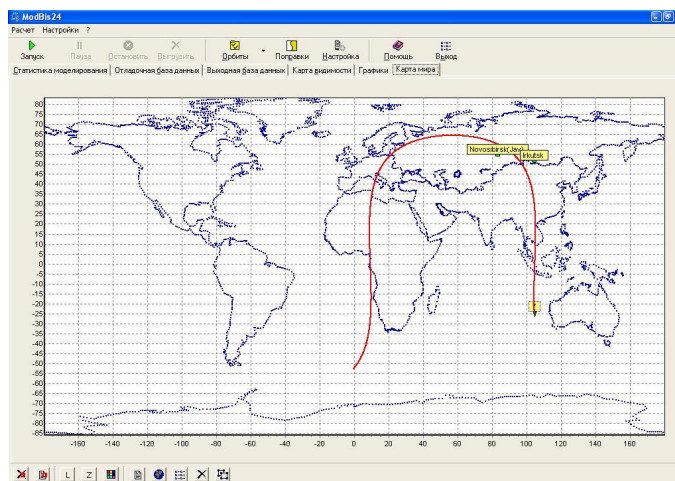


Рис. 1. Пример графического отображения траектории движения спутника в «ModBis24»

Программный пакет «Etna» служит для сбора с приёмной аппаратуры SR620, обработки и формирования массивов с результатами навигационных измерений ГЛОНАСС/GPS (частот и моментов времени) с целью последующего формирования на их основе эфмеридно-временного обеспечения (ЭВО).

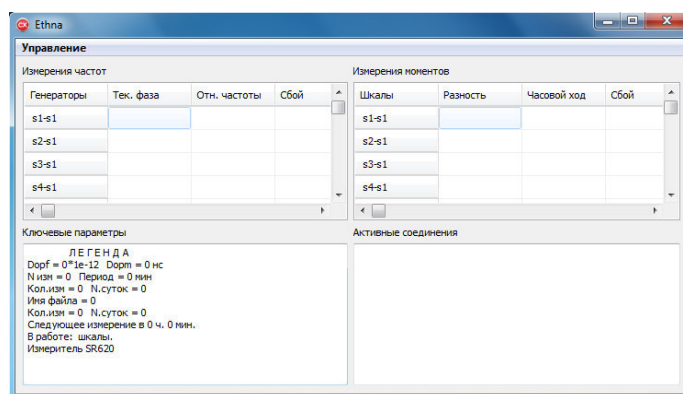


Рис. 2. Пример графического интерфейса программного пакета «Etna»

Результаты. В настоящее время работа над программным приложением «ModBis24» завершена на 100%. У приложения имеются акты внедрения во ФГУП «Сибирском государственном ордена Трудового Красного Знамени научно-исследовательском институте метрологии» (г. Новосибирск), в ОАО «Информационные спутниковые системы им. М.Ф. Решетнёва» (г. Железногорск), во ФГАОУ ВО Сибирском федеральном университете (г. Красноярск).

Особенностями актуальной версии приложения являются обобщение накопленных методов и алгоритмов моделирования и хранения массивов траекторных измерений в единый программный пакет с адаптированным под пользователя интерфейсом для ОС семейства MS Windows; обобщение разработанного математического аппарата, описывающего модели орбитальной группировки, измерительных каналов и возмущений; обобщение накопленных методов и алгоритмов предварительной обработки массивов траекторных измерений; обобщение улучшенных математических моделей, методов и алгоритмов обработки измерений; анализ и контроль получаемых измерений на корректность и точность путем сопоставления их с реальными измерениями ГЛОНАСС и GPS.

При непосредственном участии автора в «ModBis24» был предложен и реализован алгоритм предварительной обработки навигационных измерений на основе фильтра Калмана [2-3]. Кроме этого, автор участвовал в разработке интерфейса пользователя и программной реализации нескольких модулей.

В настоящее время работа над программными приложениями «Etna» завершена на 90%. Запуск приложения в работу и акт внедрения во ФГУП «СНИИМ» предполагается в третьем квартале 2017 года.

Особенностями актуальной версии программного пакета «Etna» являются обобщение методов и алгоритмов сбора, обработки и хранения массивов траекторных измерений в единый программный пакет с адаптированным под пользователя интерфейсом для ОС семейства MS Windows; возможность оперативной адаптации под различные модели приемников навигационных сигналов; оптимизация для ускорения операций обработки поступающих с навигационных приёмников данных.

При непосредственном участии автора в программном пакете «Etna» был реализован алгоритм обработки навигационных измерений в режиме реального времени, а также разработан обновленный и более удобный интерфейс пользователя. Кроме этого, на основе «Etna» прошел апробацию предложенный автором рекуррентный алгоритм оценивания градиента на основе фильтра Калмана [4-5].

Заключение. Специализированное программное обеспечение «ModBis24» и «Etna» позволило совершенствовать компьютеризированные средства сбора, обработки, хранения и использования навигационных измерений ГЛОНАСС и GPS. Помимо этого, СПО позволило отрабатывать новые методы и алгоритмы обработки навигационных измерений [3-5]. Достоверность полученных результатов и выводов обеспечена корректным применением методов математического анализа, методов математической теории устойчивости, теории фильтрации, методов теории вероятностей и математической статистики. Полученные с помощью СПО результаты хорошо согласуются с данными обработки траекторных измерений и с результатами модельных исследований.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ярлыков М.С. Спутниковые радионавигационные системы. Выпуск 1. Коллективная монография / М.С. Ярлыков. – М : Издательство «Радиотехника», 2013 г. – 190 стр.
2. Ханин А. Г. Программный имитатор измерительной информации с использованием продукции компании D-Link / А.Г. Ханин // Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники. – 2012. - №1 (25), Часть 2. – С. 198-202.
3. Ханин А.Г. Пример внедрения результатов диссертационной работы в образовательный процесс посредством учебного центра / А.Г. Ханин // Развитие единой образовательной информационной среды : материалы 14 междунар. науч.-практ. конф. – Томск : Изд-во Том. ун-та, 2015. – С. 95-98.
4. Ханин А. Г. Практическое применение рекуррентного алгоритма оценивания градиента / А. Г. Ханин // Информация: передача, обработка, восприятие: материалы междунар. науч.-практ. конф. – Екатеринбург: УрФУ, 2016. - С. 133-145.
5. Khanin A. G. Gradient estimation algorithm based on the Kalman filter / A. G. Khanin // Stability and control processes : proc. of intern. conf. in memory of V. I. Zubov (SCP). – Saint Petersburg: IEEE, 2015. – P. 55–57.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ САМООРГАНИЗАЦИИ СЕТИ G3-PLC В СРЕДЕ
МОДЕЛИРОВАНИЯ NS3**

П.В. Чеботаев, И.Ю. Поляков, А.Н. Клименко

Научный руководитель: к.т.н. Д.Д. Зыков

Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники,

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 40, 634050

E-mail: chebotaev7102@gmail.com

**RESEARCH OF G3-PLC NET SELF-ORGANIZATION PROCESSES IN THE NS3 MODELING
FRAMEWORK**

P.V. Chebotayev, I.Yu. Polyakov, A.N. Klimenko

Scientific Supervisor: Ph.D. D.D. Zykov

Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics,

Russia, Tomsk, Lenin str., 40, 634050

E-mail: chebotaev7102@gmail.com

***Abstract.** The use of heterogeneous communication systems in info communication networks in the modern world has become widespread. In this approach the most appropriate method for building a network is to use the mesh mode. For the construction of such networks, it is necessary to guarantee the delivery of messages to the addressee in the conditions of unpredictable interference situation in each of the two channels. In this case, one of the most important tasks in the construction of mesh networks is the selection of the routing algorithm.*

Введение. Применение гетерогенных систем связи в инфокоммуникационных сетях в современном мире получило широкое распространение. При данном подходе для построения сети наиболее подходящим является использование режима *mesh*. Для построения таких сетей необходимо гарантировать доставку сообщений адресату в условиях непредсказуемой помеховой обстановки в каждом из двух каналов. При этом одной из важнейших задач при построении *mesh* сетей является выбор алгоритма маршрутизации.

Материалы и методы исследования. На данный момент основные протоколы, используемые при построении гетерогенных сетей, разработанные зарубежными исследователями имеют характеристики, приближающиеся к оптимальным значениям, но в большинстве своем недоступны для российских исследователей и разработчиков [1] [2]. Сравнивая все протоколы между собой можно сделать вывод, что при построении сетей с большим количеством абонентов наиболее приемлемым является использование протокола *HWMP* из-за гибкости и простоты развертывания, в отличие от *AODV*, *OLSR*. Однако *HWMP*, несмотря на гибкость и простоту, использует не самые эффективные пути передачи трафика в топологии сети. Таким образом, можно сделать вывод, что одним из важных направлений исследований и разработок является повышение эффективности передачи трафика за счет оптимизации гибридных протоколов.

Несмотря на то, что алгоритмы маршрутизации уже существуют, задача создания нового алгоритма, удовлетворяющего требованиям надежности и качества передачи информации, остается

актуальной, особенно для гетерогенных сетей.

Результаты. Создание собственного алгоритма построения самоорганизующейся сети является довольно сложной и нетривиальной задачей. Вследствие чего за основу были взяты рекомендации по построению *mesh*-сети, описанные в стандарте G3-PLC [3].

Формирование *mesh*-сети, в соответствии со стандартом G3-PLC, может осуществляться только координатором персональной сети (*PAN*-координатором). Агент инициализации сети может выбираться по следующим критериям:

- минимальная стоимость маршрута до *PAN*-координатора;
- наилучшее качество сигнала передачи данных по каналу связи;
- наиболее подходящий короткий адрес, выбранный согласно алгоритму циклического перебора (*Round-robin*-алгоритм);
- прочие характеристики.

Перед формированием сети, *PAN*-координатор должен выполнить процедуру активного сканирования (Рис. 1).

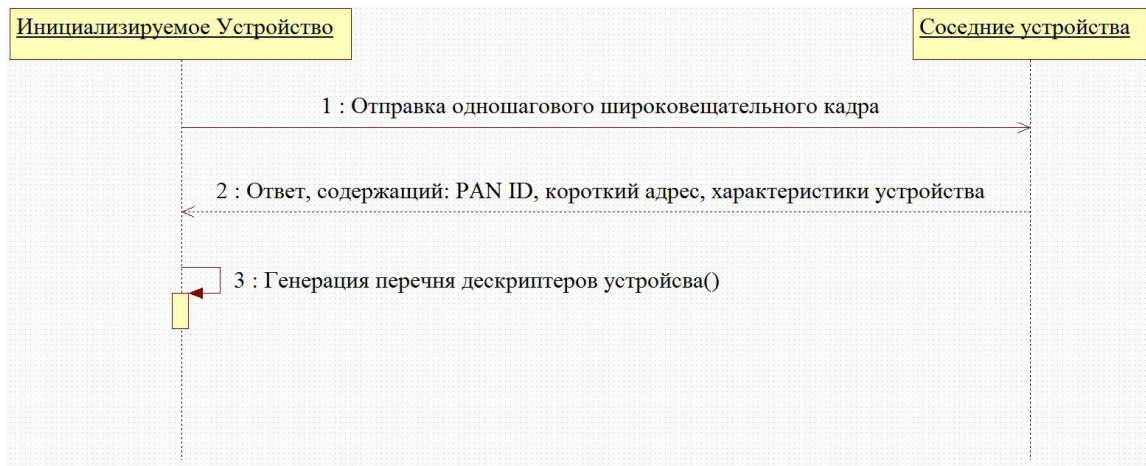


Рис. 1 – Диаграмма, описывающая процедуру активного сканирования сети

Для осуществления сканирования, инициализируемое устройство посылает широковещательный кадр всем подключенным к нему соседним узлам. Каждый соседний узел, в ответ на полученный кадр, должен послать устройству кадр, содержащий свой идентификатор сети (*PAN*-идентификатор), свой короткий адрес и прочие характеристики. В конце процедуры сканирования, адаптационный подуровень генерирует перечень дескрипторов, основанный на полученных данных.

По окончании сканирования проверяется полученный перечень дескрипторов. Если он не является пустым, то *PAN*-координатор информирует систему о том, сеть уже существует и новую сеть пока что создать невозможно. Все процедуры и решения, связанные с таким поведением *PAN*-координатора, зависят от конкретной реализации. Если перечень дескрипторов пуст, то *PAN*-координатор начинает развертывание *mesh*-сети.

После обнаружения сети, *PAN*-координатор устанавливает свой *PAN*-идентификатор. Этот идентификатор может быть вычислен локально или может быть получен удаленно с конфигурационного сервера. Способ, по которому выбирается и устанавливается *PAN*-идентификатор, зависит от конкретной

реализации. После того, как *PAN*-идентификатор был определен, функции адапционного подуровня инициируют запуск сети.

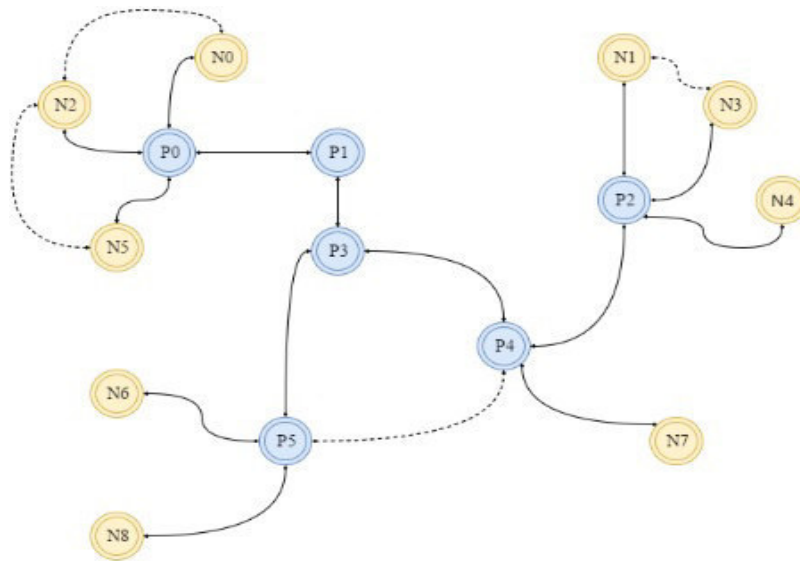


Рис. 2 – Схема сети в гетерогенной системе связи

Заключение. Для детального исследования процессов самоорганизации сети и алгоритмов маршрутизации при большом количестве узлов в сети, необходимо использовать средства имитационного моделирования, в частности NS3 [4] (Рис. 2). Такая модель воспроизводит поведение исследуемой сети, её свойства. Что в свою очередь позволяет решить задачи, связанные с оптимизацией и управлением моделью сети. Использование имитационного моделирования позволяет повысить наглядность, сократить время, затраченное на отладку алгоритмов и снизить стоимость разработки [5].

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки РФ по Соглашению № 14.577.21.0230. Уникальный идентификатор проекта: RFMEFI57716X0230.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Draves R., Padhye J., Zill B. Comparison of routing metrics for static multi-hop wireless networks //ACM SIGCOMM Computer Communication Review. – ACM, 2004. – Т. 34. – №. 4. – С. 133-144.
2. Ed. Perkins C. Dynamic MANET On-demand (AODVv2) Routing / Ed. Perkins C., S. Ratliff // Cisco. - 2013. – 60 p.
3. Razazian K. et al. G3-PLC specification for powerline communication: Overview, system simulation and field trial results //Power Line Communications and Its Applications (ISPLC), 2010 IEEE International Symposium on. – IEEE, 2010. – С. 313-318.
4. Morote M.E. IEEE 802.11s mesh Networking Evaluation under NS-3 / M.E. Morote // Escola Tecnica Superior d'Enginyeria de Telecomunicacio de Barcelona. – April 2011 - 111 p.
5. Храпов С. В. Использование специализированной системы моделирования ns-2 для исследования телекоммуникационных сетей //Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. – 2007. – №. 45. С. 46-51.

**АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ДЛЯ КЛАССИФИКАЦИИ
ДАНЫХ ИЗ ДОКУМЕНТОВ XML-ФОРМАТА**

А.А. Чурилов

Научный руководитель: к.физ.-мат.н., доцент С.И. Самохина
Национальный исследовательский Томский государственный университет,
Россия, г.Томск, пр. Ленина, 36, 634050
E-mail: alexandr13.93@mail.ru

**AUTOMATED INFORMATION SYSTEM FOR THE CLASSIFICATION OF DATA FROM XML
DOCUMENTS**

A.A. Churilov

Scientific Supervisor: Docent, Dr. Sc. (Phys.-Math.) S.I. Samohina
Tomsk State University, Russia, Tomsk, Lenin str., 36, 634050
E-mail: alexandr13.93@mail.ru

***Abstract.** The article presents the developed automated information system that solves the task of structuring information obtained from the xml file and storing it in the database. Also, this AIS allows to change the information and upload it to the formats xls and xml.*

Введение. На сегодняшний день основу управления любого предприятия составляет документированная информация, а эффективность управления в большей степени базируется на ее производстве и потреблении. В современном обществе информация стала полноценным ресурсом производства, значительным элементом жизни общества.

Организация работы с документами влияет на качество работы аппарата управления, организацию и культуру труда управленческих работников. Успех управленческой деятельности в целом зависит от того, насколько быстро и профессионально ведется документация. Увеличение объемов хранимой информации и необходимость обеспечения ее надежной защиты заставляют компании делать выбор в пользу информационных систем [7, с. 32]. В связи с этим в информационном обществе становится актуальной тема автоматизации процесса обработки данных.

Автоматизация деятельности предприятия позволяет существенно сократить трудозатраты, упростить хранение и обработку информации. Каждое современное предприятие стремится приобрести в свое пользование удобный инструмент управления информацией. Но далеко не для каждой задачи можно подобрать на рынке автоматизированную систему.

Цель данной работы – освещение актуальности разработки автоматизированной информационной системы для структурирования и обработки информации, полученной из xml файлов.

Описание информационной системы. В настоящее время существует значительное количество различных автоматизированных информационных систем, нацеленных как на решение конкретной задачи, так и на решение целого списка задач автоматизации в определенной отрасли. Но, несмотря на это все они направлены на выполнение стандартных требований.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет
Национальный исследовательский Томский государственный университет
Томский государственный архитектурно-строительный университет
Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники
Томский национальный исследовательский медицинский центр РАН

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ НАУК

Сборник научных трудов
XIV Международной конференции студентов, аспирантов
и молодых ученых

Том 7. IT-технологии и электроника

РОССИЯ, ТОМСК, 25 – 28 апреля 2017 г.

PROSPECTS OF FUNDAMENTAL SCIENCES DEVELOPMENT

XIV International Conference of students, graduate students
and young scientists

Volume 7. Information Technologies and Electronics

RUSSIA, TOMSK, April 25 – 28, 2017



ИХТЦ
ИССЛЕДОВАНИЯ И РАЗРАБОТКИ



**БАНК
ХОУМ КРЕДИТ**
Просто. Быстро. Удобно.



открытие
БАНК



СБЕРБАНК
Всегда рядом



МИКРАН



Премьер
БКС
Больше, чем банк



MARS

Издательство Томский политехнический университет

Национальный исследовательский Томский политехнический университет
Национальный исследовательский Томский государственный университет
Томский государственный архитектурно-строительный университет
Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники
Томский национальный исследовательский медицинский центр РАН

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ НАУК

Сборник научных трудов
XIV Международной конференции студентов, аспирантов
и молодых ученых

Том 7. IT-технологии и электроника

РОССИЯ, ТОМСК, 25 – 29 апреля 2017 г.

PROSPECTS OF FUNDAMENTAL SCIENCES DEVELOPMENT

XIV International Conference of students, graduate students
and young scientists

Volume 7. Information Technologies and Electronics

RUSSIA, TOMSK, April 25 – 28, 2017

Томск 2017

ПРОГРАММА ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ

Химический факультет и Институт дистанционного образования Томского государственного университета приглашает дипломированных специалистов пройти программу повышения квалификации

«СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ В ПОЛУЧЕНИИ И ИССЛЕДОВАНИИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ»

Направление 04.03.01 Химия

Модульная структура обучения:

Модуль 1: Новые подходы и технологии в получении функциональных материалов

Модуль 2: Методы исследования структуры, состава и физико-химических свойств функциональных материалов

Профессиональные компетенции, формируемые в результате обучения:

- теоретическими знаниями в области современных методов получения функциональных материалов и изучения их физико-химических характеристик;
- умением выбирать необходимые методы и подходы к разработке функциональных материалов исходя из постановки задач и формы представления данных;
- основами технологии получения каталитических, фармацевтических, сорбционных, металлических и других функциональных материалов;
- умением выбирать необходимые методы анализа, исходя из постановки задач и формы представления данных;
- навыками работы на современном лабораторном оборудовании по аналитическому контролю материалов;
- навыками интерпретации полученных экспериментальных данных полученных на современном оборудовании при использовании физических и физико-химических методов исследования материалов.

Обучение в рамках образовательной программы реализуют ученые с высокой научной квалификацией из ведущих научных организаций РФ. Практическая часть курса проводится с использованием современного аналитического и исследовательского оборудования Лаборатории каталитических исследований и Лаборатория трансляционной клеточной и молекулярной биомедицины ТГУ, Научно-образовательного центра «Наноматериалы и нанотехнологии» ТПУ.

КОНТАКТЫ

Руководитель программы: Слизов Юрий Геннадьевич, к.х.н., доцент, декан химического факультета ТГУ, dekanat@chem.tsu.ru.

Координатор программы: Зыкова Анна Петровна, к.ф.-м.н., доцент ТПУ, zykovaap@mail.ru.

АДРЕС

г. Томск, ул. А. Иванова, 49, корпус № 6, Химический факультет ТГУ

УДК 501(063)
ББК 20л0
П278

П278 Перспективы развития фундаментальных наук [Электронный ресурс]: сборник трудов XIV Международной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. Россия, Томск, 25–28 апреля 2017 г. / под ред. И.А. Курзиной, Г.А. Вороновой. – Томск: Изд-во – Национальный Исследовательский Томский политехнический университет, 2017. – Режим доступа: http://science-persp.tpu.ru/Arch/Proceedings_2017_vol_7.pdf – 137с.

ISBN 978-5-4387-0748-6
ISBN 978-5-4387-0755-4

Сборник содержит труды участников XIII Международной конференции студентов, аспирантов и молодых учёных «Перспективы развития фундаментальных наук». Включает доклады студентов, аспирантов и молодых ученых, представленные на секции «IT-технологии и электроника». Сборник представляет интерес для студентов, аспирантов, молодых ученых и преподавателей.

УДК 501(063)
ББК 20л0

Редакционная коллегия

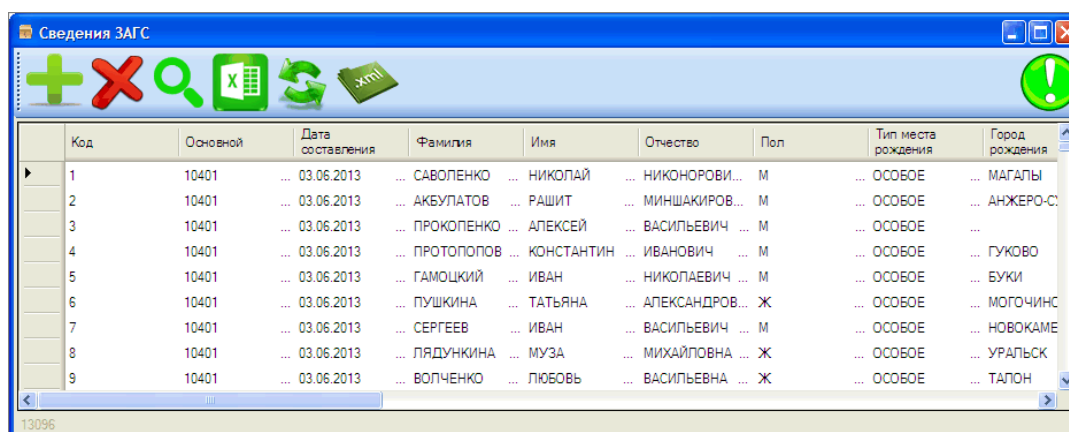
И.А. Курзина, доктор физико-математических наук, доцент;
Г.А. Воронова, кандидат химических наук, доцент;
С.А. Поробова

ISBN 978-5-4387-0748-6
ISBN 978-5-4387-0755-4

© ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский
Томский политехнический университет», 2017
© Томский политехнический университет,
электронный текст, 2017

Сегодня в каждом Государственном учреждении имеется своя база данных и взаимодействующая с ней автоматизированная информационная система. В процессе сотрудничества предприятий друг с другом происходит обмен информацией по конкретным запросам или в непрерывном потоке. Все информационные материалы хранятся, обрабатываются и передаются в различных форматах, которые зависят от прикладного программного обеспечения, используемого той или иной организацией. Но сами данные зачастую не структурированы для чтения, и поиск нужной информации в столь большом объеме файлов затруднителен, ведь их количество может достигать несколько тысяч, и открытие каждого файла для поиска необходимых материалов занимает достаточно большое количество времени.

Так как наиболее перспективным средством для создания протокола взаимодействия сегодня является язык XML, было актуально создание автоматизированной информационной системы с входными данными данного формата. Сотрудники предприятия с помощью разработанной системы могут загрузить в базу данных информацию из документа формата XML, внести какие-либо данные вручную, удалить информацию, совершить поиск по имеющимся данным, выгрузить данные в формате XLS или XML (Рисунок 1).



Код	Основной	Дата составления	Фамилия	Имя	Отчество	Пол	Тип места рождения	Город рождения
1	10401	03.06.2013	САВОЛЕНКО	НИКОЛАЙ	НИКОНОВИ...	М	ОСОБОЕ	МАГАЛЫ
2	10401	03.06.2013	АКЕУЛАТОВ	РАШИТ	МИНШАКИРОВ...	М	ОСОБОЕ	АНЖЕРО-С...
3	10401	03.06.2013	ПРОКОПЕНКО	АЛЕКСЕЙ	ВАСИЛЬЕВИЧ	М	ОСОБОЕ	...
4	10401	03.06.2013	ПРОТОПОПОВ	КОНСТАНТИН	ИВАНОВИЧ	М	ОСОБОЕ	ГУКОВО
5	10401	03.06.2013	ГАМОЦКИЙ	ИВАН	НИКОЛАЕВИЧ	М	ОСОБОЕ	БУКИ
6	10401	03.06.2013	ПУШКИНА	ТАТЬЯНА	АЛЕКСАНДРОВ...	Ж	ОСОБОЕ	МОГОЧИНС
7	10401	03.06.2013	СЕРГЕЕВ	ИВАН	ВАСИЛЬЕВИЧ	М	ОСОБОЕ	НОВОКАМЕ
8	10401	03.06.2013	ЛЯДУНКИНА	МУЗА	МИХАЙЛОВНА	Ж	ОСОБОЕ	УРАЛЬСК
9	10401	03.06.2013	ВОЛЧЕНКО	ЛЮБОВЬ	ВАСИЛЬЕВНА	Ж	ОСОБОЕ	ТАЛОН

Рис. 1. Главная форма АИС

В связи с тем, что вышеупомянутая задача является узконаправленной, и что аналогов ее решения не найдено, существовала необходимость создания индивидуальной информационной системы, в которой будут реализованы современные подходы к управлению данными: будет построена база данных, хранящаяся на сервере, автоматизирована система предоставления информации, позволяющая оперативно работать с данными. Внедрение данной АИС в организацию позволило сократить трудовые затраты, повысить качество обслуживания клиентов за счет ускорения процесса обработки информации, а также, эффективнее работать с полученными данными.

При создании базы данных автоматизированной информационной системы проведена разработка структуры и принципов организации базы данных на основе структуры получаемых документов XML-формата. Работа с программой осуществляется на ПК под управлением ОС Windows, программа локализована и представляет собой приложение Windows. Работать с данной системой может любой пользователь, имеющий доступ к ней и знающий пароль. В противном случае он может только просмотреть содержимое базы данных и воспользоваться поиском, другие операции для него недоступны.

На сегодняшний день система нашла применение в ОПФР по Томской области для работы с данными, полученными из ЗАГС (Рисунок 1). Информация, передаваемая службой ЗАГС, необходима практически в каждом направлении деятельности ОПФР. Данные о рождении (усыновлении) детей, данные о лишении родительских прав необходимы для выдачи государственных сертификатов на материнский капитал, сведения об умерших гражданах позволяют осуществлять контроль над выплатой пенсий. Отделения Пенсионного Фонда отвечают за обработку всей предоставленной информации, а ее объем не позволяет осуществить обработку вручную. Введенная автоматизированная информационная система дает Фонду возможность перейти на принципиально новые и современные механизмы работы с информацией. АИС позволяет автоматизировать все ключевые процессы и сократить объем ручного труда, увеличить скорость доступа к информационным ресурсам ПФР, повысить надежность и защищенность систем.

Разработанная АИС достаточно гибкая, что дает возможность использовать ее в организациях с похожей системой документооборота.

Заключение. Решение множества задач предприятия (в нашем случае ОПФР по Томской области) невозможно без использования мощных информационных систем и технологий. Применение информационных технологий позволяет поднять скорость и качество обработки информации на новый уровень. Разработанная автоматизированная информационная система обеспечивает хранение и статистическую обработку большого количества различных документов. Данная АИС объединяет возможность легкого доступа к информации с возможностью выбора (при помощи специальных запросов) и обобщения всей имеющейся информации по различным признакам. Программа отвечает основным заявленным требованиям и реализует интуитивно понятный интерфейс.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гайдамакин Н.А. Автоматизированные информационные системы, базы и банки данных / Н.А. Гайдамакин. – М.: Гелиос АРВ, 2002. – 367 с.
2. Гвоздева В.А. Основы построения автоматизированных информационных систем / В.А. Гвоздева, И.Ю. Лаврентьева. – М.: ИНФРА-М, 2007. – 320 с.
3. Карпова И.П. Базы данных: курс лекций и материалы для практических занятий / И.П. Карпова. – СПб: Питер, 2015. – 240.
4. Коннолли Т. Базы данных. Проектирование, реализация и сопровождение. Теория и практика / Т. Коннолли, К. Бегг. – М.: Изд-во «Вильямс», 2003. – 1436 с.
5. Мезенцев К.Н. Автоматизированные информационные системы / К.Н. Мезенцев. – М.: Академия, 2014. – 176 с.
6. Прайс С. Visual C# .NET. Полное руководство / С. Прайс, М. Гандэрлой. – СПб: КОРОНА принт, 2004. – 960 с.
7. Сухомлинов А.И. Разработка информационных систем : учебное пособие / А.И. Сухомлинов. – М.: Проспект, 2016. – 108.
8. Троелсен Э.В. Язык программирования C# 5.0 и платформа .NET 4.5 / Э.В. Троелсен. – М.: Вильямс, 2013. – 1311 с.

**DEVELOPMENT METHODS AND ORGANIZATION OF WORK OF THE VIRTUAL MUSEUM FOR
AN INSTITUTION OF THE KRASNOYARSK TERRITORY**

S.E. Yulenkov

Scientific Supervisor: Associate prof. S.V. Kotelnikova

Foreign language Supervisor: Associate prof., Cand. of Phil. Sc., M.V. Saveleva

Reshetnev Siberian State Aerospace University, Russia, Krasnoyarsk, Krasnoyarsky Rabochy str., 31, 660037

E-mail: start09011990@mail.ru, yulenkov_se@sibsau.ru

**МЕТОДЫ РАЗРАБОТКИ И ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТЫ ВИРТУАЛЬНОГО МУЗЕЯ ДЛЯ
УЧЕБНОГО ЗАВЕДЕНИЯ КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ**

С.Е. Юленков

Научный руководитель: доцент С.В. Котельникова

Консультант по иностранному языку: доцент, к. ф. н. М.В. Савельева

Сибирский государственный аэрокосмический университет

имени академика М. Ф. Решетнёва,

Россия, г. Красноярск, пр. имени газеты Красноярский рабочий, 31, 660037

E-mail: start09011990@mail.ru, yulenkov_se@sibsau.ru

***Аннотация.** Рассматриваются краткая характеристика музея образовательного заведения, цель создания данного проекта, методы разработки подобных информационных систем, способы тестирования и администрирования подобных решений, перспективы развития разработанного проекта для музея АК СибГАУ.*

Introduction. Nowadays there exist comparatively small museums and collections of scientific or educational purposes. The museum "Combat and labor glory" of Aerospace College at the Siberian State Aerospace University (SibSAU) is such an institution. Its collections and contents have value not only for the students, teachers and employees of the University and the College, but also for graduates, parents and other users who are interested in these collections. We reckon that a virtual museum can become a great tool to provide a quicker and easier access to the museum.

The project of the virtual museum for the Aerospace College of SibSAU was prepared within the frames of the graduation research paper. The main goal is to create a specific information system to manage the virtual museum and its collections, change and upload any materials with no IT experts involved and minimum staff needed.

The virtual museum also provides much more opportunities than an ordinary museum: it is possible to show an exhibition being restored or removed. The virtual museum can serve as a collection and exhibition, as a theatre and a playground, a creative centre and a place for master-classes. The teachers can use the e-museum at classes to organise independent work of the students.

To elaborate the project of the virtual museum we use the methodology to develop electronic museum collections, virtual museums and the museum website item search. The basic contents of the e-museum represent SibSAU history, main scientific achievements, the chronology of the key events, the biographies of the most

famous students, educators and specialists. The project also provides the solution for storage, safety and reaching any museum item online from any place in the world [1, 2].

Materials and research methods. There are programmes to develop a virtual museum: among them "Adobe Dreamweaver", "Front Page", "Nvu", "Web Builder", "Web Creator Pro", "Notepad++". "Nvu" and "Notepad++" (distributed for free); "Notepad++" is a popular software product. "Adobe Photoshop" or "CorelDraw" are used by experts for graphics [3, 4].

For the project of SibSAU museum we use "Notepad++". This programme is free, updated regularly, only 13.2 Mb and easy to install. The programme can be stored and transported on a flash-card, the interface is clear and easy to operate, and it possesses the number of functions. "Adobe Photoshop" is used for graphic design. The programme has user-friendly interface; web-designers prefer this programme to others due to its characteristics.

"HTML", "PHP", "JavaScript", "Java" and "CSS" are popular languages to create a web-site currently. "HTML" hypertext markup language is used to create a virtual museum in SibSAU, because this project is hard to be hacked as there is no database "MySQL" and a configuration file. "HTML" websites also work quickly [5].

Creation of any virtual museum as well as any web-site has several steps: 1) preparation; 2) web-design; 3) web-programming; 4) site layout; 5) placing the website on servers; 6) website promotion. The project is also tested to find the programming bugs and text mistakes before and after the website is uploaded. Testing period depends on project complexity, but usually it takes about a month.

Results. The virtual museum of SibSAU has a clear navigation system, tree-like structure, sections and pages in random sequence. The project has the following sections: 1) Home page that can be reached from any website section; 2) "News"; 3) "About the college"; 4) "About the museum"; 5) "Awards"; 6) "In memory"; 7) "Photogallery"; 8) "Honorable Workers"; 9) "Behaviour Rules"; 10) "Guest book". The website also includes the college contacts and information on the project developer. There are links to other museums of Krasnoyarsk and website forum based on "Borda.ru", a leading platform for forums and guest books.

Fig. 1 demonstrates the home page of the virtual museum of Aerospace College of SibSAU.

The home page project forum on "Borda.ru" service of the virtual museum of Aerospace College of SibSAU is provided in fig. 2.

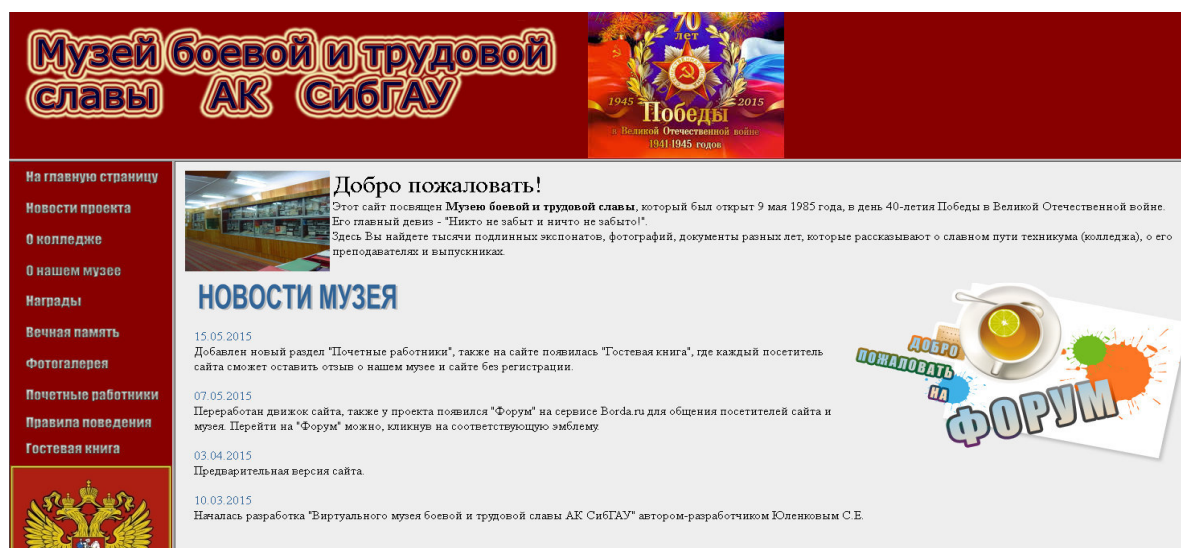


Fig. 1. The home page of the virtual museum of SibSAU Aerospace College

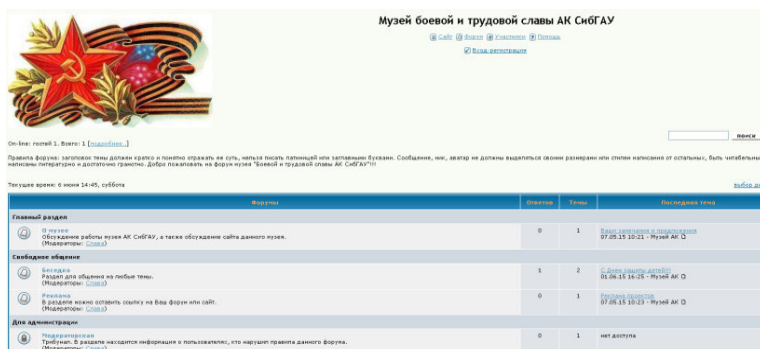


Fig. 2. The home page of the project forum on "Borda.ru" service of the virtual museum of SibSAU Aerospace College

Any virtual museum like any other website undergoes several testing steps. The project has functional testing when the web-developer identifies bugs, hyperlinks, the compliance of text with web-site pages. Then the HTML-pages are tested to optimize graphics, images and project's elements. To validate the website code and identify the bugs and problems it is possible to use the numerous specific sites such as <http://validator.w3.org>. To finalize the website is normally opened in different kinds of browsers such as "Internet Explorer", "Mozilla Firefox". The website has to be fully cross-browsing compliant. At the end the project is placed on the server of the educational organization.

To edit the website content we need to have file managed such as "CuteFTP". The programme is quite safe to provide an effective files exchange between a local computer and internet servers. Backup is provided for the project restoration, copying the files and the other hosting parameters. It can be created through hosting account or ftp-client using, for instance, "WordPress" plug-in or "Rsync" programme (for files and catalogues synchronization). If it is necessary to protect from copying the website text it can be done through adding a specific script that prohibits selecting and copying the text by hands. The links to museum site can also be added to the text as well as cross-posting of the website news and using project name in texts on the museum website.

Future research. The next step for virtual SibSAU museum website development and promotion is uploading the 3D images of the museum items or different virtual excursions (thematic, introduction tours, excursions in English, subtitled tours, voice audio tours), survey visitors of project have also to be created: applicants, graduates, guests, parents, foreign visitors on the basis of work modern CRM-systems, section "Interview" of impressions after visit the museum of Aerospace College of SibSAU for different purposes.

REFERENCES

1. Virtual museum. Retrieved February, 15, 2017 from https://ru.wikipedia.org/wiki/Виртуальный_музей.
2. Kohonihin, N. The museums in the internet and virtual museums. Retrieved February, 20, 2017, from <http://www.russ.ru/>.
3. Vud, L. (2001). Web Graphics. St. Petersburg, Dialektika Publ., p. 488.
4. Programs for creation of the site. Retrieved February, 25, 2017, from <http://juice-health.ru/program/424-program-to-create-site>.
5. Frimen, Er., Frimen, El. (2014). The learning HTML, XHTML and CSS. Piter Publishing House, p. 656.

Научное издание

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ НАУК

Сборник научных трудов
XIV Международной конференции студентов, аспирантов
и молодых ученых

Издано в авторской редакции

Компьютерная верстка С.А. Поробова
Редактор Г.А. Воронова, И.А. Курзина

Тираж 100 экз.



Национальный исследовательский
Томский политехнический университет
Система менеджмента качества
Издательства Томского политехнического
университета сертифицирована в соответствии с
требованиями ISO 9001:2008
. 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
Тел./факс: 8(3822)56-35-35, www.tpu.ru

