

ISSN 2079-875X

УЧЕБНЫЙ
ЭКСПЕРИМЕНТ
В ОБРАЗОВАНИИ

Научно-методический журнал

4/2015

Scientific and methodological journal

**Uchebnyi experiment
v obrazovanii**

Научно-методический
журнал

№ 4 (76) (октябрь-декабрь)
2015

УЧРЕДИТЕЛЬ ЖУРНАЛА:
ФГБОУ ВПО «Мордовский
государственный
педагогический институт
имени М. Е. Евсевьева»

Издается с января 1997 года

Выходит
1 раз в квартал

Фактический адрес:
430007, Республика Мордовия,
г. Саранск, ул. Студенческая,
11а, каб. 221

Телефоны:
(834-2) 33-92-83
(834-2) 33-92-84

Факс:
(834-2) 33-92-67

E-mail:
edu_exp@mail.ru

Сайт:
<http://www.mordgpi.ru>

**Подписной индекс
в каталоге
«Почта России»
31458**

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

- В. К. Свешников** (главный редактор) – доктор технических наук, профессор, член корреспондент АЭН РФ
Г. Г. Зейналов (зам. главного редактора) – доктор философских наук, профессор
Т. В. Кормилицына (отв. секретарь) – кандидат физико-математических наук, доцент

ЧЛЕНЫ РЕДКОЛЛЕГИИ

- Х. Х. Абушкин** – кандидат педагогических наук, профессор
В. К. Битюков – доктор технических наук, профессор
Н. В. Вознесенская – кандидат педагогических наук, доцент
Р. В. Конакова – доктор технических наук, профессор
М. В. Ладоскин – кандидат физико-математических наук, доцент
С. М. Мумряева – кандидат педагогических наук, доцент
А. Е. Фалилеев – кандидат культурологических наук, доцент
С. А. Ямашкин – доктор химических наук, профессор

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

- В. В. Кадакин** – кандидат педагогических наук, доцент
У. К. Алекперов – доктор биологических наук, профессор академик НАНА (Баку)
П. В. Замкин – кандидат педагогических наук
В. В. Майер – доктор педагогических наук, профессор (Глазов)
Н. М. Мамедов – доктор философских наук, профессор (Москва)
Л. А. Микешина – доктор философских наук, профессор (Москва)
М. П. Миронова – кандидат педагогических наук, доцент
Л. А. Назаренко – доктор технических наук, профессор (Харьков)
А. М. Пашаев – доктор физико-математических наук, академик НАНА (Баку)
В. П. Савинов – доктор физико-математических наук, профессор (Москва)
Т. И. Шукшина – доктор педагогических наук, профессор
Н. А. Яценко – доктор физико-математических наук, профессор (США)

Журнал реферируется ВИНТИ РАН

*Включен в систему Российского индекса научного цитирования
Размещается в Научной электронной библиотеке eLibrary.ru
Включен в Международный подписной справочник периодических изданий
«Ulrich's Periodicals Directory»*

ISSN 2079-875X

© «Учебный эксперимент
в образовании», 2015

**Scientific and methodological
journal**

№ 4 (76) (october – december)

2015

JOURNAL FOUNDER:

FSBEIHPE “Mordovian State
Pedagogical Institute named
after M. E. Evseyev”

Quarterly issued

Actual address:

Room 221, 11a Studencheskaya
Street, the city of Saransk,
The Republic of Mordovia,
430007

Telephone numbers:

(834-2) 33-92-83
(834-2) 33-92-84

Fax number:

(834-2) 33-92-67

E-mail:

edu_exp@mail.ru

Website:

<http://www.mordgpi.ru>

**Subscription index
in the catalogue
“The Press of Russia”
31458**

EDITORIAL BOARD

- V. K. Sveshnikov** (editor-in-chief) – doctor of technical Sciences, Professor, corresponding member of Academy of electrotechnical Sciences of the Russian Federation
G. G. Zeynalov (editor-in-chief assistant) – doctor philosophical Sciences, Professor
T. V. Kormilitsyna (executive secretary) – candidate of physico-mathematical Sciences, Docent

EDITORIAL BOARD MEMBERS

- H. H. Abushkin** – candidate of pedagogical Sciences, Professor
V. K. Bitjukov – doctor of technical Sciences, Professor
N. W. Woznesenskaya – candidate of pedagogical Sciences, Docent
R. V. Konakova – doctor of technical Sciences, Professor
M. W. Ladoshkin – candidate of physical and mathematical Sciences, Docent
S. M. Mumryaewa – candidate of pedagogical Sciences, Docent
A. E. Falileev – candidate of cultural science, Docent
S. A. Yamashkin – doctor of chemical Sciences, Professor

EDITORIAL COUNCIL

- V. V. Kadakin** – candidate of pedagogical Sciences, Docent (Saransk)
U. K. Alakbarov – doctor of biological Sciences, Professor, academician of the national Academy of Sciences (Baku)
P. V. Zamkin – candidate of pedagogical Sciences (Saransk)
V. V. Mayer – doctor of pedagogical Sciences, Professor (Glazov)
N. M. Mamedov – doctor of philosophical Sciences, Professor (Moscow)
L. A. Mikeshina doctor of philosophical Sciences, Professor (Moscow)
M. P. Mironova – candidate of pedagogical Sciences, Docent (Saransk)
L. A. Nazarenko – doctor of technical Sciences, Professor (Kharkiv)
A. M. Pashayev – doctor of physical and mathematical Sciences, academician of the national Academy of Sciences (Baku)
B. N. Savinov – doctor of physical and mathematical Sciences, Professor (Moscow)
T. I. Shukshina – doctor of pedagogical Sciences, Professor (Saransk)
N. A. Yatsenko – doctor of physical and mathematical Sciences, Professor (USA)

The edition is reviewed by VINITI

The journal is included in the RISC

*The journal is included in the International Directory of periodicals
subscribed «Ulrich's Periodicals Directory»*

ISSN 2079-875X

© «Uchebnyi experiment
v obrazovanii», 2015

ОТ РЕДАКЦИИ

В столице Республики Мордовии г. Саранске с 16 по 18 ноября 2015 года проходила IX Международная научно-техническая конференция «Фундаментальные и прикладные проблемы физики». Инициатором проведения конференции явилась кафедра физики и методики обучения физике ФГБОУ ВПО «Мордовский государственный педагогический институт имени М. Е. Евсевьева». Конференция проводилась при финансовой поддержке Мордовского Регионального отделения Российского Союза НИО и Саранского дома науки и техники.

Проведение конференции продиктовано чрезвычайной важностью совершенствования учебного процесса в образовательных учреждениях в рамках концепции модернизации образования, органически связанной с использованием важнейших достижений науки и техники.

В условиях тяжёлого внутреннего экономического положения чрезвычайно важна интеграция научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, проводимых в академических институтах, научно-исследовательских организациях и учебных заведениях, через обмен информацией на симпозиумах, конференциях и совещаниях.

Преподавателям физики и технических дисциплин по роду своей деятельности приходится постоянно совершенствовать демонстрационный эксперимент, участвовать в постановке новых лабораторных практикумов, разрабатывать факультативные и специальные курсы.

Естественно, что решение поставленных задач возможно на основе использования научных достижений в приоритетных областях науки и техники, в частности, полупроводниковой, вакуумной и плазменной электроники, источников света и других областях.

Следует отметить, что обмен информацией о научно-технических достижениях в области физики, физики полупроводников и наноэлектроники, источников излучения будет способствовать установлению научных связей для ускорения и повышения уровня научных исследований и в плане совершенствования конструкции и технологии выпускаемых отечественной промышленностью приборов.

Регулярность международных научно-технических конференций по фундаментальным и прикладным проблемам физики на базе кафедры физики и методики обучения физике ФГБОУ ВПО «Мордовский государственный педагогический институт имени М. Е. Евсевьева» становится заметным явлением среди подобных мероприятий в регионе, России и СНГ.

Оргкомитет отмечает, что для участия в IX конференции было подано более 120 заявок из 30 городов РФ (г. Москва, г. Томск, г. Волгоград, г. Рязань, и др.) и ближнего зарубежья (г. Киев, г. Минск, г. Чернигов, г. Гомель, г. Баку, г. Ташкент, г. Нукус и др.). В программу конференции было включено 77 докладов, участие приняли более 200 человек.

По результатам работы конференции оргкомитет констатирует, что из принявших участие в конференции организаций и вузов наиболее активно ведутся научные исследования:

1. По экспериментальной и теоретической физике: Instituto de Plasmas e Fusao Nuclear, Laboratorio Associado, Instituto Superior Tecnico, Lisboa, Portugal; Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова; Наманганский государственный университет, Узбекистан; Брестский государственный технический университет, г. Брест, Беларусь; Институт физики полупроводников имени В. Е. Лашкарёва НАН Украины; Дальневосточный Государственный гуманитарный университет, г. Хабаровск, Россия; УО «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Гомель, Беларусь; Рязанское высшее воздушно-десантное командное училище (военный институт) имени генерала армии В. Ф. Маргелова, г. Рязань, Россия; ФГБОУ ВПО «Мордовский государственный педагогический институт имени М. Е. Евсевьева»; ФГБОУ ВПО «Мордовский государственный университет имени Н. П. Огарева».

2. По физике низкоразмерных структур: Волгоградский государственный университет, ФГБОУ ВПО «Мордовский государственный университет имени Н. П. Огарева»; University of Jyväskylä, Jyväskylä, Finland; Loughborough University, Loughborough, United Kingdom; ФГБОУ ВПО «Мордовский государственный педагогический институт имени М. Е. Евсевьева»; Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова.

3. По физике полупроводников: Институт физики полупроводников имени В. Е. Лашкарёва НАН Украины, г. Киев, Украина; Институт физики НАН Азербайджана, Каракалпакский государ-

ственный университет имени Бердаха, г. Нукус, Узбекистан; ФГБОУ ВПО «Мордовский государственный университет имени Н. П. Огарева», АО НПК «Электровыпрямитель».

4. По источникам света, светотехнике: Институт физики полупроводников имени В. Е. Лашкарева НАН Украины, г. Киев, Украина; ФГБОУ ВПО «Мордовский государственный университет имени Н. П. Огарева»; ФГБОУ ВПО «Мордовский государственный педагогический институт имени М. Е. Евсевьева»; Институт физики Академии наук Азербайджана, г. Баку, Азербайджан; Исследовательский центр проблем энергетики Казанского научного центра РАН; Казанский государственный университет, г. Казань, Россия; Технический университет, г. София, Болгария.

5. По технике физического эксперимента: ФГБОУ ВПО «Мордовский государственный педагогический институт имени М. Е. Евсевьева»; Институт физики имени Б. И. Степанова НАН Беларуси; Наманганский государственный университет, г. Наманган, Узбекистан; ФГБОУ ВПО «Мордовский государственный университет имени Н. П. Огарева»; Институт катализа и неорганической химии НАН Азербайджана, г. Баку; Рязанский государственный радиотехнический университет, г. Рязань, Россия; Рязанское высшее воздушно-десантное командное училище, г. Рязань, Россия.

6. По использованию современных достижений в учебном процессе: ФГБОУ ВПО «Мордовский государственный педагогический институт имени М. Е. Евсевьева»; Рязанское высшее воздушно-десантное командное училище (военный институт) имени генерала армии В. Ф. Маргелова, г. Рязань; Институт физики полупроводников имени В. Е. Лашкарева НАН, г. Киев, Украина; Черниговский областной институт последипломного педагогического образования имени К. Д. Ушинского, г. Чернигов; Московский государственный университет информационных технологий, радиотехники и электроники (МИРЭА), г. Москва, Россия.

Были заслушаны доклады в области физики, физики полупроводников и диэлектриков; физики низкоразмерных структур; источников излучений, светотехники; техники физического эксперимента и использования современных достижений в учебном процессе.

Особый интерес участников конференции вызвали доклады:

1. Проблемы разработки полупроводниковых приборов силовой электроники нового поколения на основе карбида кремния.

Гейфман Е. М., доктор технических наук, профессор, генеральный директор АО НПК «Электровыпрямитель», Чибиркин В. В., кандидат технических наук, доцент, ФГБОУ ВПО НИ «Мордовский государственный университет имени Н. П. Огарева», г. Саранск.

2. Электронно-пучковые эффекты ВЧ емкостного разряда.

Савинов В. П., доктор физико-математических наук, доцент, ФГБОУ ВПО «Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова», г. Москва.

3. Пьезорезистивный эффект в хиральных углеродных нанотрубках.

Лебедев Н. Г., доктор физико-математических наук, профессор, «Волгоградский государственный университет», г. Волгоград.

4. Экспериментальное исследование индукционного сопротивления.

Марашова Д. А., МОУ СОШ № 30, г. Саранск.

В прениях выступили: д. ф.-м. н., В. П. Савинов (г. Москва); д. т. н., доцент, А. А. Ашратов (г. Саранск); д. т. н., профессор, А. М. Кокинов (г. Саранск); д. ф.-м. н., профессор, В. А. Горюнов (г. Саранск); член-корр. АЭН РФ, д. т. н., профессор В. К. Свешников (г. Саранск).

В результате обсуждения докладов на секционных заседаниях в целях повышения эффективности научных исследований, проводимых в различных исследовательских группах, их внедрения в конкретные технические разработки и в учебный процесс участники конференции предлагают:

1. Расширить взаимодействие ученых кафедры физики и методики обучения физике, занимающихся теоретическими исследованиями в области физики низкоразмерных структур и ионов (Н. Н. Хвастунов, В. В. Карпунин, М. В. Горшунов), с научно-исследовательской группой профессора Н. Г. Лебедева (ФГБОУ ВПО «Волгоградский государственный университет»).

2. Активизировать на кафедре физики и методики обучения физике экспериментальные научные исследования в области конкретных приложений наноструктур в технике. В частности, в направлении применения наноструктур в светотехнике.

3. Ведущим предприятием России по созданию полупроводниковых приборов нового поколения является АО НПК «Электровыпрямитель» (г. Саранск). На основе полупроводниковых приборов на SiC созданы энергосберегающие преобразователи электрической энергии, у которых кардинально снижены габариты (до 40 раз) и потери энергии (в десятки раз). Исходя из этого,

конференция считает работы по созданию технологии эпитаксии монокристаллического Siс и элементной базы нового поколения на основе Siс приоритетным. С целью импортозамещения и повышения экспортного потенциала электронной промышленности России конференция рекомендует создать в России на базе АО НПК «Электровыпрямитель» научно-технический центр «Эпитаксии монокристаллического карбида кремния».

4. Рекомендовать ГУБ РМ «НИИС имени А. Н. Лодыгина» совместно с МордГПИ начать проведение совместных научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по освоению производства натриевых ламп низкого давления НЛНД на базе отечественной приоритетной прямой натриевой лампы ДНаО-85. Их монохроматический желтый свет способствует высокой видимости предметов. Он хорошо проникает сквозь пыль и туман. Поэтому серийно выпускаемые НЛНД за рубежом широко используются для освещения автострад, аэропортов, судоверфей и т.д. Световая отдача зарубежных ламп составляет 160–200 лм/Вт, что в 1,6 раза выше световой отдачи натриевых ламп высокого давления и в 1,5–2 раза больше, чем у светодиодных ламп.

5. Расширить интеграцию результатов исследований, проводимых в научно-исследовательских институтах и вузах, с целью внедрения в производство и выпуска конкурентоспособной продукции, поиска рынка сбыта научных разработок, коммерциализации их результатов. Расширить обмен научно-технической информацией с целью внедрения результатов в учебный процесс вузов, а также проведение регулярных конференций, публикации материалов в журнале «Учебный эксперимент в образовании», издаваемого МордГПИ.

Отмечая высокий научный уровень прошедшей конференции и представленных на конференции докладов, участники конференции считают необходимым:

1. Продолжить внедрение научно-технических достижений в приоритетных областях науки и техники в учебный процесс высших и средних специальных заведений в рамках Концепции модернизации образования.

2. Разрабатывать содержание и методику преподавания новых элективных курсов, в которых отразятся достижения современной физической науки и техники.

3. Активно внедрять в обучение физике информационно-коммуникационные технологии и на этой основе разрабатывать содержание и технологию дистанционного обучения.

ГУМАНИТАРНЫЕ НАУКИ

УДК 101.1:316(045)

ББК 87.6

Зейналов Гусейн Гардаш оглы
доктор философских наук, профессор
кафедра философии
ФГБОУ ВПО «Мордовский государственный педагогический
институт имени М. Е. Евсевьева», г. Саранск, Россия
zggo@mail.ru

ПРОБЛЕМЫ ИННОВАЦИИ И ТРАДИЦИИ В НАУКЕ И ОБЩЕСТВЕННОМ РАЗВИТИИ*

Аннотация. В научной литературе существуют множественные определения инновации. Автор проводит сопоставительный анализ многих подходов к инновации с целью выявления ее сущности и строит свое отношение к ней в контексте взаимодействия с традицией. Механизм работы системы «инновация – традиция» раскрывается как двуединый процесс «внедрение – освоение». В статье инновация интерпретируется как функциональное освоение потенциала научного открытия со стороны традиционной социокультурной средой с целью улучшения управления и самосохранения. Выделяется три уровня освоения новации: онтологический, эпистемологический, ценностно-аксиологический и определяется ценностное значение инновационных процессов в общественном развитии.

Ключевые слова: инновация, традиция, наука, общественное развитие, открытие, функция.

Zeynalov Huseyn oglu Gardash
Doctor of philosophical Sciences, Professor
Department of philosophy
Mordovian State Pedagogical Institute, Saransk, Russia

THE PROBLEMS OF INNOVATION AND TRADITION IN SCIENCE AND PUBLIC DEVELOPMENT

Abstract. In the scientific literature, there are multiple definitions of innovation. The author carries out a comparative analysis of the many approaches to innovation in order to identify its nature and builds its attitude towards it in the context of cooperation with the tradition. The mechanism of the system of "innovation – Tradition" is revealed as a two-track process "implementation – development." The paper innovation is interpreted as the functional development of the potential of scientific discoveries from the traditional socio-cultural environment in order to improve man-

* Работа выполнена в рамках гранта на проведение научно-исследовательских работ по приоритетным направлениям научной деятельности вузов-партнёров по сетевому взаимодействию (ФГБОУ ВПО «ЧГПУ» и МордГПИ) по теме: «Формирование профессионально мобильной личности средствами социогуманитарных дисциплин в образовательном пространстве вуза».

agement and self-preservation. There are three levels of development of innovations: the ontological, epistemological, axiological and value-determined value-the value of innovation processes in social development.

Keyword: innovation, tradition, science, public development, discovery, function.

Сегодня инновационное развитие входит в число главных приоритетов социально-экономического развития. В лексиконе современного человека появляются такие понятия как: инновационная активность, инновационный потенциал, инновационная личность, инновационное сознание, инновационный сектор, инновационная система, инновационное развитие и т. д. Возникает закономерный вопрос: «Что такое инновация?».

В научной литературе насчитываются сотни определений инновации, которые выделяют инновации технические, экономические, организационные, управленческие и др.

Первичный анализ некоторых определений выявляет, что любая инновация *начинается с открытия*, под которым понимается совершенно новое или дополнение старого. Однако можно ли свести инновацию к простому открытию? В реальной жизни мы открываем множественные открытия, но они в инновацию не превращаются. Такие исследователи как В. Г. Медынский, Б. А. Райзберг, Л. Ш. Лозовский, Е. Б. Стародубцева и др. инновацию считают *результатом внедрения* открытия. Медынский В. Г. пишет: «Под инновацией подразумевается объект, внедренный в производство в результате проведенного научного исследования или сделанного открытия, качественно отличный от предшествующего аналога» [4, с. 5].

Мы повседневно совершаем множественные открытия обыденного характера, внедряем их даже в свою жизнь. Следовательно, инновация не простое внедрение новации или открытия в социокультурную среду, где стихийность играет решающую роль. Инновационный продукт есть результат сложного инновационного процесса, который имеет заранее разработанную цель, методологию, принципы и технологии, ориентирована на качественное улучшение процессов в определенной области жизни общества. И этот процесс, с одной стороны, выглядит как внедрение новации или открытия в социокультурную среду. Здесь важную роль играет человек, его интуиция, воображение, возможность предвосхищения результата деятельности. Цель деятельности людей-инноваторов вносит в определенную социальную единицу – организацию, поселение, общество, группу – изменения, новые, относительно стабильные элементы [10, с. 12]. Они открывают новое, выявляют в них новые возможные функции для улучшения управления и получения экономического, социального, экологического, научно-технического или другого эффекта. [11, с. 15].

С другой стороны, инновационный процесс выглядит, в определенном смысле, как практическое или научно-техническое освоение открытия или новшества [1, с. 12]. На уровне такого очень сложного диалектически взаимосвязанного двухстороннего процесса «внедрение – освоение» происходит целенаправленное функциональное изменение в воздействуемой социокуль-

турной среде путем замены ее устаревших элементов новыми или надделение их новыми функциями [11, с. 15] с целью улучшения функционирования и управления. Главная функция инновации – функциональное изменение предмета исследования через надделение его элементов новыми функциями. При взаимодействии этих двух противоположных сторон происходит функциональное отчуждение от новации и функциональное обогащение старой системы.

Процесс «внедрение – освоение» происходит не стихийно, а организуется на основе определенных общепризнанных социокультурной средой традиций. На первый взгляд, понятия «инновация» и «традиция» противоположны друг другу. *Традиция* (от лат. – передача) – это установившиеся правила поведения. Термин «*инновация*» по этимологии тоже имеет латинское происхождение (англ. innovation), несет в себе совершенно противоположное значение и в переводе означает обновление, изменение, ввод чего-то нового, введение новизны. В реальности эти явления тесно взаимосвязаны и определяют друг друга. Каждая новация в науке возникает на основе предшествующих знаний, где основанием являются традиции, которые нацелены на сохранение целостности системы, на обеспечение ее обновления и выживания. Механизм работы системы «инновация – традиция» строится на «*объектно-субъектном*» диалоге, когда определяются пространственно-временные и объективные и субъективные границы бытия инновационного процесса. *Объективные границы* определяются производственно-экономическим и социальным потенциалом, заложенным в новации, открытии. А *субъективные* – способностью субъекта видеть в объекте имеющийся производственно-экономический и социальный потенциал и разработать, освоить, эксплуатировать, исчерпать их для удовлетворения определенных социальных потребностей [7, с. 17]. Например, в науке существует легенда о том, что случайное падение яблока привело Ньютона к открытию закона всемирного тяготения. Как свидетельствуют многие современные историки науки, это открытие явилось завершением изысканий целой плеяды физиков различных стран на протяжении XVII в. – И. Кеплера, Дж. Борелли, и др. Свой закон Ньютон основывал на многочисленных поставленных им собственных физических экспериментах и на обширных результатах астрономических наблюдений.

Проблему взаимодействия новаций и традиций рассматривает Т. Кун в своей работе «Структура научных революций» (М., 2001). Здесь выделяется две фазы развития науки: а) фаза «нормальной науки», когда сохраняются парадигмы, своеобразные научные традиции и б) революционная фаза, когда порывается связь с традицией (парадигмой) и возникает новое видение реальности, а также появляется новая парадигма (греч. – пример, образец), которая в течение некоторого времени признается конкретным научным сообществом как основа для дальнейшего развития и применения в практической деятельности [3].

Научная *парадигма* является своеобразной научной традицией. Когда

рождается новое и оно вводится в систему старой парадигмы, то между ними возникает конфликт. В форме конфликта работает система «внедрение – освоение» или «инновация – традиция». Функционирование конфликта «инновация – традиция» в качестве «внедрения – освоения» выходит за рамки конкретной области научного знания и решается в форме философского обоснования необходимости функциональных инновационных изменений системе. Это происходит на основе ценностно-мировоззренческого освоения предложенного новшества, открытия. Лишь после этого оно (новшество, открытие) становится частью общей картины мира, либо определяющим принципом научного познания.

Исходные философские идеи и принципы изначально присутствуют в основании научного исследования и существуют объективно независимо от того, осознает это ученый или нет. Поэтому они определяют обоснованность новых открытий, гипотез и концепций, выступают необходимой предпосылкой и условием для вторжения научного познания в предметные сферы инновации. Прав академик А. Б. Мигдал, что серьезная научная работа не может проводиться без прикладной философии, определяющей качественную сторону исследования ... и в конце работы осмыслить полученные результаты и дать им правильную интерпретацию [5, с. 5].

Ценностно-мировоззренческое освоение нового не одномоментный акт, происходит оно на трех, взаимосвязанных между собой, уровнях:

1. Онтологический уровень охватывает содержание исследуемых объектов и позволяет осваивать объект как форменная реальность (бытийно), определяя его отличия, новизну. Этот уровень представлен такими категориями как «свойство», «состояние», «отношение», «связь», «процесс», «состояние», «причинность», «необходимость», «случайность», «пространство», «время» и т. п.).

2. Эпистемологический (познавательный) уровень раскрывает функциональную сущность, возможности объекта или явления. Этот уровень представлен категориями «понимание», «истина», «метод», «знание», «объяснение», «доказательство», «теория», «факт» и др., которые характеризуют познавательные процедуры и их результат. Здесь происходит познание новшества, определение его особенных черт и функций, иногда даже через апробацию;

3. Аксиологический уровень характеризует ценностное значение объекта или явления, определяет место и роль в рамках культуры с целью удовлетворения потребностей. На этом уровне очень многое зависит от способностей субъекта увидеть наличествующие функциональные свойства предмета и, обосновать необходимость его применения. Здесь очень многое зависит от культурных традиций общества. В зависимости от них происходит внедрение новшества в систему ценностей для удовлетворения потребностей общества. На этом уровне новшество может быть принято в культуру как онтологическое или эстетическое явление (как музейный экспонат, как чудо), или в функциональном плане и освоено по заложенным в нем свойствам, или

же может быть опровергнуто. Примером может служить создание первых паровых машин в России в первой половине 19 века.

Лишь осваивая новшество во всех трех уровнях, субъект инновационных процессов может исчерпать его в конкретном историческом времени и ввести его в качестве инновации в традиционную систему с целью улучшения ее функциональной управляемости. В историческом плане эти уровни развиваются в зависимости от эволюции нормативных структур науки, обеспечивающих освоение новых объектов познания.

Механизм работы этих уровней создают традиционализм в науке и культуре, который выступает необходимым условием быстрого накопления научных знаний, создает модель постановки проблем и их решений научным сообществом инновационными способами. Допустим, внедрение эволюционной теории Ч. Дарвином в биологию, вызвало инновационные изменения далеко за пределами биологии – в методологии науки, истории, антропологии, коренным образом изменила наши представления о месте человека в природе.

Каждая эпоха придает инновационным изменениям свое значение. Эта проблема с точки зрения общественного развития, всегда привлекала внимание ученых. В ранние периоды истории инновации носили единичный характер и обосновывался стремлением конкретного ученого самореализоваться, доказать свои способности. Поэтому ценностное значение обрело онтологический уровень освоения открытия, т. е. наличие нового, как несоответствие традиции, как чудо, единственная истина. В Древнем Египте и в других цивилизациях относились к знанию как к оружию и считали, что им должен обладать человек, имеющий определенные качества. Чаще всего таковыми были жрецы. Открытия в качестве новаций допускались в рамках дозволенного.

Впервые в ценностном значении новаций в общественном развитии догадались древние греки. До VII в. до н. э. Греция была периферией ближневосточной цивилизации и она подражала жрецам ей. Греки позаимствовали у финикийцев алфавит и конструкцию кораблей, у египтян – искусство скульптуры и начала математических знаний. Греция была малоплодородной страной, население не могло прокормиться земледелием. Люди занимались рыболовством, уезжали в поисках лучшей доли в дальние страны, основывали колонии на берегах Средиземного моря.

Открытием, которое сделало Грецию богатой страной, стало создание триеры – боевого корабля нового типа. Первая триера была построена около 630 г. до н. э. коринфским мастером Аминоклом. Это был корабль с *инновационными функциями*: с тремя рядами весел и экипажем в 170 гребцов и 20–30 воинов. Длина триеры составляла 40–50 метров при ширине 5–7 метров, водоизмещение – около 230 тонн. Инновационными для того времени были большая скорость и маневренность триеры, которые позволяли эффективно использовать свое главное инновационное оружие – таран, который на огромной скорости пробивал днище кораблей противника.

По масштабам внедрения, по глубине освоения, определенные открытия могут иметь фундаментальное инновационное значение. Триера была фундаментальным открытием. Ее ценностно-функциональное освоение греками внесло фундаментальные инновационные изменения в мировую историю. Она позволила грекам завоевать господство на Средиземном море и овладеть всей морской торговлей. Финикийцы, которые до этого были первыми купцами Средиземноморья, пытались противостоять грекам, но их флот был разгромлен вчерашними учениками, которые познали ценность и функциональность триеры. Все морские пути теперь проходили через Пирей и Коринф, огромные прибыли от посреднической торговли обеспечили процветание греческих городов. Афины стали главным ремесленным и культурным центром Средиземноморья.

Бурное развитие производства вызвало нехватку рабочей силы. Тогда греки ввели еще одну инновацию, стали покупать рабов у варваров, живших по берегам Черного моря, везти в Афины и обучать ремеслу. Они создали классическое рабство – экономическую основу нового строя. Рабы работали в больших ремесленных мастерских, эргастериях. Таким образом, создание триеры породило греческую торговлю и греческое рабовладение. Греческое общество было первым буржуазным обществом купцов и предпринимателей, породившим систему инновационных изменений как цели своего общественного бытия. Они использовали понятия «тэхне» (искусство) и «демиург» (творец).

Греки не побоялись применять инновационный принцип во всех сферах жизни. Требованиям торговли подчинили ремесло, создав еще одну экономическую инновацию для своего времени – массовое товарное *производство керамики на рынок*. Керамические сосуды стали универсальной тарой того времени – зерно, вино, масло, все хранилось в керамических амфорах. Греки стали творцами: демократии и гражданина в политической жизни; незыблемость закона и право в правосознании; науки, философии, системы образования, рационализма, духовного мира человека в культуре; космоцентризма в мировоззрении; критичности, любознательности в познании; географического пространства от Китая до Испании; гармонии в миропонимании; пропорции и меры в бытии. А самой главной инновацией греков был *агон (соревновательность)*. Продуктом их новой культуры стал *абсолютно инновационномыслящий человек – агональный человек с духом свободы*, который бросил вызов богам, судьбе, природе. Все эти нововведения были *инновационные* для своего времени, а *традиционные* для современной европейской цивилизации. На них зиждется вся культура Европы.

В Новое время все более значимым становится гносеологическое освоение, позволяющее познать и завоевать природу. С конца 19 века отношение новациям кардинально меняется. Постепенно идет процесс институализации инновационных процессов, обретая коммерческое значение, идет в разрез с господствующими традициями, идущими от эпохи Просвещения. Поэтому следует вносить изменения в современные традиции науки, ориентируя ее на

экономический эффект. Впервые об этом в работе «История экономического анализа» заявил австрийский ученый И. Шумпетер. В 1911 г. он выделил пять типичных изменений, которые могут приносить экономическую выгоду:

- использование новой техники, новых технологических процессов или нового рыночного обеспечения производства (купля - продажа);
- внедрение продукции с новыми свойствами;
- использование нового сырья;
- изменения в организации производства и его материально-технического обеспечения;
- появление новых рынков сбыта.

Он же в 30–е годы ввел научный оборот понятие *инновация*, трактуя его как изменение с целью внедрения и использования новых видов потребительских товаров, новых производственных и транспортных средств, рынков и форм организации в промышленности.

Для современного общества инновационная деятельность становится индикатором общественного прогресса и постепенно превращается в определенную систему по производству и внедрению открытий, поскольку наука превратилась в непосредственную производительную силу и определяет стратегию развития общества. Р. Коллинз для анализа этой системы вводит понятие «машинерия».

Анализ современных экономических процессов свидетельствует об институализации этой системы, где речь идет об инновации как о функциональном значении. Это является абсолютно новой социальной функцией определенных институтов общества, в первую очередь науки. Правительства различных стран инвестируют огромные средства в научные исследования и инновационную деятельность с целью улучшения процесса освоения новшества, т. е. в инновацию. Если сравнить объем вложенных средств инновационные исследования по странам с полученными результатами, то можно сделать вывод, что освоение новаций это – не механический процесс. По данным Всемирного банка за 2008 год на инновационную деятельность страны выделили: Британия – 1,74 %, Франция – около 2,26 %, США – 2,8 %, Япония – около 3,4 %, а Россия – 1,12 % ВВП [9].

Несмотря на огромный объем выделенных сумм на инновацию, доля нашей страны на рынке высокотехнологичной продукции составляет всего – 0,34 %, на 2012 год [6, с. 16]. Данная цифра свидетельствует о существенном технологическом отставании России от ведущих стран мира, неэффективности использования средств, выделяемых предприятиям и научным коллективам. Выходом из ситуации для России может стать создание системы, ориентированной на достижение экономической выгоды. Определяется это во многом не за счет научности нововведения или функциональности системы, а во многом рекламой и маркетинговыми ходами.

Наиболее полно современный экономический подход к инновации раскрывает внесенное изменение в Федеральный закон РФ от 21 июля 2011 г. №254-ФЗ «О науке и государственной научно-технической политике», где

отмечается: «Иновация – введенный в употребление новый или значительно улучшенный продукт (товар, услуга) или процесс, новый метод продаж или новый организационный метод в деловой практике, организации рабочих мест или во внешних связях» [8].

В результате можно сделать вывод, что *инновация* – это конечный результат целенаправленного внедрения новшества или открытия в ходе научного исследования в социокультурную систему с целью ее функционального изменения и улучшения управления.

Этот сложный процесс начинается с простого открытия, имеет диалоговый характер с традиционной ценностной системой культуры в виде освоения его на функциональном уровне. Будучи частью двуединого процесса (традиция – инновация) инновация включается в традиционную ценностную систему культуры на функциональном уровне освоения. В научной литературе выделяется три этапа данного процесса:

1. Сопоставление нового научного знания с господствующим мировоззрением, ценностями культуры.
2. Включение нового знания в социокультурный контекст эпохи.
3. Пересмотр всего старого с точки зрения нового, обновление системы функционирования социокультурной среды.

Именно функционирование данной триады определяет общественное развитие.

Список использованных источников

1. Авсянников, Н. М. Инновационный менеджмент / Н. М. Авсянников. – М. : РУДН, 2002. – 176 с.
2. Зейналов, Г. Г. Философское обоснование научного открытия / Г. Г. Зейналов // Учебный эксперимент в образовании. – 2015. – № 2 (74). – С. 6–10.
3. Кун, Т. Логика и методология науки. Структура научных революций / Т. Кун. – [Электронный ресурс] – URL : // <http://ladin.narod.ru/phil/99-kun.html>.
4. Медынский, В. Г. Инновационный менеджмент : учебник / В. Г. Медынский. – М. : Инфра-М, 2002. – 294 с.
5. Мигдал, А. Б. Физика и философия / А. Б. Мигдал // Вопросы философии. – 1990. – № 1. – С. 5–32.
6. Миндели, Л. Э. Наука и инновации в современной России / Л. Э. Миндели, Л. П. Клеева, И. В. Воробьева // Энергия: экономика, техника, экология. – 2012. – № 3. – С. 11–16.
7. Морозов, Ю. П., Инновационный менеджмент: Учеб. пособие для вузов. – 2-е изд. перераб. и доп. / Ю. П. Морозов, А. И. Гаврилов, А. Г. Городнов. – М. : ЮНИТИ-ДАНА, 2003. – 471 с.
8. О внесении изменений в Федеральный закон «О науке и государственной научно-технической политике»: Федеральный закон РФ от 21 июля 2011 г. №254-ФЗ // Российский газета. 2011, 26 июля.
9. Расходы на НИОКР (в % от ВВП). Данные Всемирного банка за 2012 год [Электронный ресурс]. – URL : <http://data.worldbank.org/indicator/GB.XPD.RSDV.GD.ZS>.
10. Пригожин, А. И. Нововведения: стимулы и препятствия. Социальные проблемы инноватики / А. И. Пригожин. – М. : Наука, 1989. – 271 с.
11. Фатхутдинов, Р. А. Инновационный менеджмент / Р. А. Фатхутдинов – СПб. : Питер, 2005. – 448 с.

References

1. Ovsyannikov N. M. Innovative management. Moscow, RUDN, 2002, 176 p.
2. Zeynalov G. G. Philosophical justification of scientific discoveries. Uchebnyi experiment w obrazovanii, 2015, No. 2 (74), pp. 6–10.
3. Kuhn T. Logic and methodology of science. The structure of scientific revolutions URL: <http://ladin.narod.ru/phil/99-kun.html>.
4. Medynskiy, V. G. Innovation management. Moscow: Infra-M, 2002, 294 p.
5. Migdal A. B. Physics and philosophy. Problems of philosophy. 1990. No. 1, pp. 5–32.
6. Mindeli L. E., Kleyeva L.P., Vorobyova I. V. Science and innovations in modern Russia. Energy: Economics, technique, ecology. 2012. No. 3, pp. 11–16.
7. Morozov Yu. P., Gavrilov A. I., Gorodnov A. G. Innovation management. Moscow : UNITY-DANA, 2003, 471 p.
8. On amendments to the Federal law "On science and state scientific and technical policy": the Federal law of the Russian Federation of July 21, 2011 №254-FZ . Russian newspaper. 2011, July 26.
9. R & d expenditure (%of GDP). World Bank data for 2012. URL : <http://data.worldbank.org/indicator/GB.XPD.RSDV.GD.ZS>.
10. Prigozhin A. I. Innovations: incentives and obstacles. Social problems of innovation. Moscow: Nauka, 1989, 271 p.
11. Fathutdinov R. A. Innovation management. SPb., Piter, 2005, 448 p.

Поступила 05.06.15 г.

УДК 37(045)
ББК 74

Зеткина Ирина Александровна

доктор культурологии, профессор,
кафедра всеобщей истории
ФГБОУ ВПО «Мордовский государственный педагогический
институт имени М. Е. Евсевьева», г. Саранск, Россия
irzet@mail.ru

Шулепова Ольга Сергеевна

студентка ИДП-113 факультета истории и права
ФГБОУ ВПО «Мордовский государственный педагогический
институт имени М. Е. Евсевьева», г. Саранск, Россия
olya.shulepova2014@yandex.ru

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ГУМАНИТАРНЫХ И ЕСТЕСТВЕННО-НАУЧНЫХ ДИСЦИПЛИН

Аннотация. Рассматриваются аспекты взаимодействия социально-гуманитарных и естественно-научных дисциплин на постнеоклассическом этапе развития науки.

Ключевые слова: междисциплинарное знание, методология, научная революция, ценности.

Zetkina Irina Aleksandrovna
Doctor of Culturology, Professor
Department of General history
Mordovian State Pedagogical Institute, Saransk, Russia

Shulepova Olga Sergeevna
Student, Faculty of history and law
Mordovian State Pedagogical Institute, Saransk, Russia

METHODOLOGICAL ASPECTS OF INTERACTION BETWEEN HUMANITARIAN AND NATURAL-SCIENTIFIC DISCIPLINES

Abstract. Discusses aspects of the interaction of socially-humanitarian and natural-scientific disciplines postneoclassical on the stage of development of science.

Keywords: interdisciplinary knowledge, methodology, scientific revolution, values.

Известно, что наука является продуктом техногенной цивилизации, отсюда закономерна ее ориентация на проблемы «второй природы», рационального знания, убежденности в познаваемости мира. Исторический дискурс, присутствующий во всех отраслях научного знания, позволяет проследить изменение целевого сциентического вектора научного поиска в сторону приоритета гуманитарного знания и, как следствие, изменение методологии научного поиска.

Более полувека назад в российской и западной науке разгорелась дискуссия, отразившая водораздел между социально-гуманитарным и естественно-научным знанием. В России (тогда Советском Союзе) начало этой дискуссии было положено писателем И. Г. Эренбургом и кибернетиком И. А. Полетаевым на страницах «Комсомольской правды» в 1959 году.

В западной истории науки отсчет ведут от 1963 года, ознаменованного выходом книги Ч. П. Сноу (C. P. Snow «The Two Cultures & A Second Look: An Expanded Version of The Two Cultures and the Scientific Revolution»). Это издание отделяло точную науку и гуманитарное знание, где каждая из сторон обладает своими собственными традициями, моделями, терминологией, характером аргументации, целями и ценностями, институтами, методами и спецификой профессиональной подготовки, достоинством специалистов и степенью значимости для общества [1].

Содержание дискуссии весьма полно отражено в стихотворении того же периода Б. А. Слуцкого «Физики и лирики»:

«Что-то физики в почете.

Что-то лирики в загоне.

Дело не в сухом расчете,

Дело в мировом законе.

<...>

Это самоочевидно.

Спорить просто бесполезно.

Так что даже не обидно,

А скорее интересно

*Наблюдать, как, словно пена,
Опадают наши рифмы,
И величие степенно
Отступает в логарифмы».*

Заметим, что к этому времени уже была произнесена и стала классической фраза А. Эйнштейна о том, что писатель Ф. М. Достоевский дает ему для научного поиска больше, чем физик А. Гаусс, и В. И. Вернадский уже заложил естественнонаучное обоснование принципа универсального эволюционизма, разработав учение о биосфере и ноосфере.

Восприятие гуманитарного знания как «периферийного», отразившееся в ходе дискуссии, наложило отпечаток на последующую историю науки и определило не только науковедческие, но и социальные проблемы современности. Дихотомия стала «отражением нехватки строгой концептуальной структуры», демонстрирующим «неуместный постмодернистский отказ от философии» [2].

Ситуация изменилась с вступлением науки в постнеоклассический этап своего развития (В. С. Степин), которое произошло в 70-е годы XX века [3].

Характеристикой этого этапа развития науки служат междисциплинарный характер исследований, революция в средствах получения и хранения информации, отказ от тезиса познаваемости мира, признание интуиции как фактора научного познания, приоритет социально-политических факторов и целей в рамках теории коэволюции, признание аксиологического аспекта научных изысканий, использование в естествознании методов гуманитарных наук, в частности, принципа исторической реконструкции, применение в гуманитарных исследованиях достижений естественнонаучных дисциплин (теории саморазвивающихся систем или теория времени) [4].

Именно на этот период приходится расцвет междисциплинарных гуманитарных дисциплин, таких, как культурология и семиотика, популярность трудов Д. С. Лихачева и Ю. М. Лотмана, широко используемых, в частности, достижения математической логики [5].

Заметим, что министр иностранных дел США Э. Картер получил в тот же период две научных степени: бакалавр истории средневековья и бакалавр теоретической физики, что позволяет ему сегодня эффективно использовать в международной политике методологию управления сложных систем и планирование в ситуации неопределенности

Усиление позиций гуманитарного знания, поиск новых методологических оснований научного поиска в постнеоклассической науке связан с принятием научным сообществом целостности как безусловной парадигмы, согласно которой мироздание, биосфера, ноосфера, общество, человек и т. д. – представляют собой единую систему. Одним из показателей этой целостности является то, что человек «познающий» является частью познаваемого мира, а его позиция определяется в познании как «внутринаходимость» (М. М. Бахтин): в гностическом пространстве был преодолен разрыв между объектом и субъектом познания, произошло соединение объективного мира и мира человека.

Утверждения физиков предыдущего этапа истории науки были использованы на новом междисциплинарном этапе развития научного знания: «печатать субъективности лежит на фундаментальных законах физики» (А. Эдингтон); «субъект и объект едины», между ними не существует барьера (Э. Шредингер); «сознание и материя являются различными аспектами одной и той же реальности» (К. Вайцзеккер).

Закономерными являются интегративные процессы между естественными и гуманитарными науками, когда достижения естествознания входят в фундаментальные построения гуманитарных наук, а методология гуманитарного знания определяет естественно-научный поиск. Объединение методологического поиска «наук о природе» и «наук о человеке» идет в пространстве саморазвивающихся «человекоразмерных» систем, а центром сближения является человек и связанные с ним проблемы.

Концепция глобального эволюционизма Э. Янча представляет эволюцию как целостный физико-химический, биологический, социальный, экологический, социально-культурный процесс. Центральной идеей концепции глобального эволюционизма является теория коэволюции, т. е. сопряженного, взаимообусловленного изменения систем или частей внутри целого. Идея коэволюции – «идея совместной эволюции природы и человечества, что может быть истолковано как отношение равноправных партнеров, если угодно, собеседников в незапрограммированном диалоге...» [6].

Междисциплинарные исследования (фундаментальные и прикладные) рассматриваются сегодня исходя из проблемы исследовательской практики и перевода ее результатов в систему знания, когда в исследовании преодолевается противоречие между реальностью и наукой (И. Кант), содержание которой организовано со специфическими базовыми допущениями, гипотезами, интерпретациями сведений о реальности и ее организации. Методологический аспект междисциплинарных исследований предполагает формирование предмета исследований, в котором объект был бы отражен таким образом, чтобы его можно было изучать средствами всех участвующих в исследовании дисциплин, а полученные результаты могли уточнять и совершенствовать исходный предмет исследования.

Философия, выступающая как органическое единство своих двух начал – научно-теоретическое и практически-духовное, пронизывает современное научное знание; при этом задействованы практически все функции философии: онтологическая, гносеологическая, методологическая, мировоззренческая, аксиологическая и др.

К. Маркс говорил, что «наука начинается с точных методов», но в современной науке нельзя ограничиваться лишь логикой, диалектикой и эпистемологией (хотя их значение очень велико), а еще более, чем раньше, нужны интуиция, фантазия, воображение и другие подобные факторы, средства постижения действительности. В научном поиске наших дней все яснее обнаруживается постепенное и неуклонное ослабление требований к жестким нормативам научного дискурса – логического, понятийного компонента и

усиление роли внерационального компонента, но не за счет принижения, а тем более игнорирования роли разума [7].

Отличительной чертой современной науки является тот факт, что процесс научного познания мира идет от эмпирики и интуитивного обобщения к абстрактным выводам, а затем к практике. В гуманитарных науках интуитивные умозаключения являются важнейшим элементом цепи рассуждений и связаны с анализом значительного и разобщенного корпуса фактологического материала. Использование в гуманитарных науках интуитивных суждений, их зависимость от смены психологических установок подчеркивает свойственную гуманитарным и естественным наукам фундаментальную общность, которая заключается в использовании соотношения «дискурсивное (логическое) и интуитивное» [8].

Интенсивное развитие информационных технологий обозначило процесс более активного слияния логического и интуитивного методов познания, подчеркнув роль интуитивного элемента в математике и физике и, наоборот, точных (естественных) наук в гуманитарном знании [9]. Это позволяет говорить о включении интуитивных суждений в современные естественно-научные изыскания, о связи гуманитарного поиска с естественнонаучным знанием.

Одной из причин этого процесса следует определить усиление значения интеллектуализации компьютерной техники, в которой особую роль играют нелогические, свойственные человеку черны науки. «Компьютеризация делает формализуемую, вычислительную стадию в процессе естественнонаучного и технического творчества в значительной мере второстепенной, подчиненной подлинно творческому процессу интуитивного подбора, придумывания, изобретения моделей» [9].

В современную эпоху мы являемся свидетелями новых радикальных изменений в основаниях науки. Эти изменения можно охарактеризовать как четвертую глобальную научную революцию, в ходе которой рождается новая постнеклассическая наука. Ее формированию способствуют революция в хранении и получении знаний (компьютеризация науки), невозможность решить ряд научных задач без комплексного использования знаний различных научных дисциплин, без учета места и роли человека в исследуемых системах. Известно, что самой сложной была и остается «революция в умах» (К. Маркс). Изменение именно школьных программ преподавания, требующие учета надпредметных, метапредметных связей в преподавании – один из механизмов развития новых представлений о науке.

Список использованных источников

1. Сноу, Ч. П. Две культуры и научная революция / Ч. П. Сноу. – М. : Прогресс, 1973. – 142 с.
2. Перуцци, А. От двух культур к одной. Короткие заметки о наследии одной научно-гуманитарной дискуссии / А. Перуцци // Вестник Томского государственного университета. – 2011. – № 2. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://cyberleninka.ru/article/n/ot-dvuh-kultur-k-odnoy-korotkie-zametki-o-nasledii-odnoy-nauchno-gumanitarnoy-diskussii>.

3. Степин, В. С. Философия науки. Общие проблемы / В. С. Степин. – М. : Гардарики, 2006. – 384 с.
4. Пригожин, И. Познание сложного / И. Пригожин, Г. Николис. – М. : Мир, 1990. – 358 с.
5. Запесоцкий, А. С. Культурология Дмитрия Лихачева / А. С. Запесоцкий. – СПб. : СПб ГУП, 2012. – 528 с.
6. Лекторский, В. А. Возможна ли интеграция естествознания и наук о человеке? / В. А. Лекторский // Вопросы философии. – 2004, № 3. – С. 63.
7. Кулык, А. С. Главные характеристики постнеклассической науки. Доклад по дисциплине « Философия науки, техники и образования. Болонский процесс » / А. С. Кулык [Электронный ресурс]. – Режим доступа : /<http://masters.donntu.org/2012/fmf/kulyk/library/s3.htm>.
8. Фейнберг, Е. Л. Две культуры. Интуиция и логика в искусстве и науке / Е. Л. Фейнберг. – Фрязино, 2004. – С. 154.
9. Петров, В. М. Количественные методы познания в искусствоведении / В. М. Петров. – М. : Академический Проект: Фонд «Мир», 2004. – 432 с.

References

1. Snow C. P. Two cultures and the scientific revolution, Moscow, Progress, 1973. 142 p.
2. Peruzzi A. From two cultures to one. Short notes on the legacy of one of the scientific-humanitarian debate Bulletin of the Tomsk state University. 2011. No. 2. URL : <http://cyberleninka.ru/article/n/ot-dvuh-kultur-k-odnoy-korotkie-zametki-o-nasledii-odnoy-nauchno-gumanitarnoy-diskussii>.
3. Stepin V. S. Philosophy of science. Common problems. Moscow, Gardariki, 2006. 384 p.
4. Prigogine I., Nicolis G. Exploring complexity, Moscow, Mir, 1990. 358 p.
5. Zapesozkiy A. S. Cultural Studies Of Dmitry Likhachov. St. Petersburg, 2012. 528 p.
6. Lectorskiy V. A. Is it Possible to integrate natural and human Sciences? Questions of philosophy, 2004. No. 3. P. 63.
7. Kulyk A. S. The Main characteristics of post-nonclassical science. A report on the subject. Philosophy of science, technology and education. The Bologna process. URL : <http://masters.donntu.org/2012/fmf/kulyk/library/s3.htm>.
8. Feinberg E. L. Two cultures. Intuition and logic in art and science. Fryazino, 2004. 154 p.
9. Petrov V. M. Quantitative methods of cognition in the history in art: studies. manual for higher schools. Moscow, Academic Project: Foundation "World", 2004. 432 p.

Поступила 25.10.15 г.

ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ

УДК 37(045)

ББК 74

Ладошкин Михаил Владимирович

кандидат физико-математических наук, доцент
заведующий кафедрой математики и методики обучения математике
ФГБОУ ВПО «Мордовский государственный педагогический
институт имени М. Е. Евсевьева», г. Саранск, Россия
m01051977@mail.ru

Васекин Сергей Владимирович

кандидат педагогических наук
декан факультета точных наук и инновационных технологий
ФГБОУ ВПО «МГГУ им. М. А. Шолохова», г. Москва, Россия

ОПЫТ АПРОБАЦИИ НОВЫХ МОДУЛЕЙ ОСНОВНЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПРОГРАММ ПО УГС ОБРАЗОВАНИЕ И ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ НАУКИ (ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ, МАТЕМАТИКА) *

Аннотация. В статье рассматривается опыт апробации новых модулей образовательных программ педагогического бакалавриата. Приводятся основные проблемы возникшие при апробации, проводится анализ результатов. Высказываются предложения об внесении изменений в рабочий план и программы дисциплин, которые были получены в ходе апробации .

Ключевые слова: модуль образовательной программы, апробация, рефлексия, рубежная аттестация, образовательные результаты.

Ladoshkin Mikhail Vladimirovich

Candidate of physico-mathematical Sciences, Docent
Head of the Department of mathematics and methods of teaching mathematics
Mordovian State Pedagogical Institute, Saransk, Russia

Vasekin Sergey Vladimirovich

Candidate of pedagogical Sciences
Dean of the faculty of exact Sciences and innovative technologies
Sholokhov Moscow State university for the humanities

EXPERIENCE TESTING OF NEW MODULES OF BASIC EDUCATIONAL PROGRAMS ON THE GHS EDUCATION AND PEDAGOGICAL SCIENCE (DIRECTION OF PHYSICAL AND MATHEMATICAL SCIENCES, MATHEMATICS)

* Научное исследование выполнено в рамках проекта «Разработка и апробация новых модулей основной образовательной программы бакалавриата по укрупненной группе специальностей «Образование и педагогика» (направления подготовки – физико-математические науки, математика), предполагающих академическую мобильность студентов вузов в условиях сетевого взаимодействия» Государственный контракт № 05.043.12.0014 от 08 мая 2014 г. шифр 2014-04.03-05-043-Ф-95.055.

Abstract. The article discusses the experience of testing new modules of educational programs of undergraduate teaching. The main problem encountered in testing, the analysis of the results. Suggestions have been made to amend the work plan and programme of subjects, which were obtained during testing.

Keywords: module educational programs, testing, reflection, certification, educational outcomes.

Решение об апробации модулей было принято в рамках подписания в конце 2014 года договора о сетевом взаимодействии между МГГУ им. М. А. Шолохова и МордГПИ им. М. Е. Евсевьева. В рамках этого договора планировалось проведение апробации модулей в течение двух семестров 2015 календарного года. Для участия в апробации были выбраны студенты третьего и четвертого курса направления «Педагогическое образование» совмещенных профилей подготовки Математика. Информатика и Информатика. Математика. Выбор указанных курсов и профилей подготовки был определен набором дисциплин апробации. Окончательное согласование перечня дисциплин для апробации и включение их в действующий учебный план проходило в ходе визита делегации вуза – разработчика программ в Саранск в феврале 2015 г. Для студентов, участвующих в эксперименте, были проведены часы куратора, на которых объяснялись цели и задачи апробации, ее ход и возможные результаты для участников. После этого на Ученом совете МордГПИ было принято решение о проведении апробации и утверждены индивидуальные учебные планы для студентов.

Сама апробация проводилась в период с февраля по октябрь 2015 года. Реализация дисциплин осуществлялась преподавателями МордГПИ по программам, представленным вузом-разработчиком. Не меняя в целом содержания самих программ, преподаватели МордГПИ адаптировали некоторые формы проведения занятий и тематику некоторых практических занятий. Соответствие дисциплин по предложенным учебным планам и при прохождении в МордГПИ приведено в табл. 1.

По дисциплине «Элементарная математика» апробация не проводилась, поскольку дисциплина с таким названием, примерным соответствием по зачетным единицам, аудиторной нагрузке и содержанию была изучена студентами МордГПИ на первом курсе обучения. В проведении занятий использовались различные интерактивные формы, такие как деловая игра, семинар-диспут, интерактивная лекция и другие. При изучении дисциплины «Физика» часть семинарских занятий были переведены в лабораторные, для использования материальной базы вуза (специализированные лаборатории механики, электротехники, квантовой физики, школьного кабинета физики).

После окончания изучения дисциплины проводился рубежный контроль, причем по дисциплинам, изучение которых пришлось на весенний семестр, она проходила в рамках летней зачетно-экзаменационной сессии, а по тем, которые изучались в осенний семестр – в ходе межсессионного учета успеваемости.

Аттестация проходила по контрольно-измерительным материалам, которые составлялись вузом разработчиком с учетом мнения преподавателя, проводившего апробацию. Все контрольно-измерительные материалы (тесты, контрольные работы, вопросы для теоретического отчета и практические задания на экзамен) проходили утверждение на заседаниях соответствующих профильных кафедр МордГПИ (кафедры математики и методики обучения математике, физики и методики обучения физике, информатики и вычислительной техники).

Таблица 1

Дисциплина	Программы вуза разработчика		Апробация в МордГПИ	
	Зачетные единицы	Аудиторная нагрузка	Зачетные единицы	Аудиторная нагрузка
<i>Модуль «Методика обучения математике»</i>				
Методика обучения математике	10	130	10	144
Использование ИКТ в преподавании математики	3	40	3	54
Профессиональное развитие учителя математики в области ИКТ	3	48	3	54
<i>Модуль «Предметная подготовка»</i>				
Физика	12	192	6	108
Теоретические основы школьного курса математики	5	48	5	54
Количественные методы в образовании	3	32	3	54
Интеллектуальное обеспечение процесса создания техники и инноваций	6	86	6	108

В некоторых случаях было проведено две рубежные аттестации (по дисциплинам «Физика» и «Методика обучения математике»), что согласовано с рабочими программами вуза-разработчика и явилось следствием значительного объема данных дисциплин - 12 и 10 зачетных единиц соответственно).

Итоговые результаты рубежной аттестации могут быть представлены на следующих диаграммах (рис. 1–7).



Рис. 1. Результаты апробации по дисциплине «Использование ИКТ в преподавании математики»



Рис. 2. Результаты апробации по дисциплине «Профессиональное развитие учителя математики в области ИКТ»



Рис. 3. Результаты апробации по дисциплине «Методика обучения математике»



Рис. 4. Результаты апробации по дисциплине «Интеллектуальное обеспечение процесса создания техники и инноваций»



Рис. 5. Результаты апробации по дисциплине «Теоретические основы школьного курса математики»



Рис. 6. Результаты апробации по дисциплине «Количественные методы в образовании»

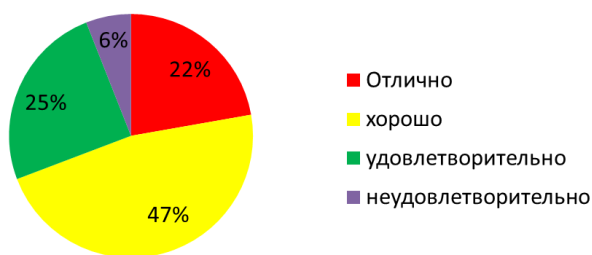


Рис. 7. Результаты апробации по дисциплине «Физика»

По результатам апробации дисциплин можно сделать вывод об усвоении студентами основных навыков, которые требовались от них по программам дисциплин апробации. Об этом говорит факт в целом успешного прохождения рубежного контроля.

Вместе с тем следует отметить более низкий уровень оценок, полученных студентами по итогам рубежного контроля по сравнению с ранее получаемыми ими. Это связано, в первую очередь, с непривычным для студентов МордГПИ подходом к организации учебного процесса и переносом основной тяжести в обучении на самостоятельную работу. Кроме того, актуализация знаний по некоторым разделам дисциплин, изученным ранее, была сопряжена с трудностями психологического плана. Отдельно следует отметить невысокий средний балл по дисциплине «Интеллектуальное обеспечение процесса создания техники и инноваций». Разделы данной дисциплины явились трудными для освоения студентами МордГПИ, поскольку подобные им предметы мало изучаются в вузе, на базе которого проходила апробация. Говоря о дисциплине «Физика», следует отметить ее значительный объем по сравнению с принятым в МордГПИ. Это привело к необходимому сокращению некоторых разделов, что вылилось в снижение среднего балла по итогам рубежной аттестации.

Высокий средний балл по дисциплинам «Использование ИКТ в преподавании математики» и «Профессиональное развитие учителя математики в области ИКТ» связан с наличием второго профиля подготовки Информатика у студентов, проходивших апробацию. В рамках профильной подготовки в связи с единством предметной области «Математика и информатика» в новых стандартах средней школы студенты получают специализированные знания по использованию современных информационно-коммуникационных технологий в профессиональной деятельности, которая для этих обучающихся состоит в том числе и в преподавании математики.

По результатам изучения дисциплины в рамках рубежной аттестации проходила рефлексия учебных достижений студентов. В ходе нее преподаватели, осуществляющие апробацию по дисциплине, анализировали контрольные работы, лабораторные работы, рефераты, индивидуальные домашние задания и другие формы отчетности, выполненные студентами в ходе изучения дисциплины.

Данный анализ проходил по учебным действиям и образовательным результатам, причем по большинству образовательных результатов резуль-

тат оценивался по портфолио студента, собранному по нескольким дисциплинам. К рефлексии привлекались и сами студенты, что позволило им объективно оценить уровень своей подготовленности к будущей профессиональной деятельности. По результатам рефлексии можно сделать вывод о недостаточной сформированности компетенций и достижении образовательных результатов. В целом студенты понимают цели и задачи рефлексии, могут оценить свой уровень достижений, но не всегда проводят ее системно и самостоятельно. Подобный опыт является новаторским для МордГПИ в представленной форме, его использование позволило раскрыть новые возможности для обучения студентов самоанализу и самодиагностике достижений, корректировке процесса обучения.

Таким образом, можно считать, что апробация прошла успешно, все студенты освоили программы дисциплин модулей «Предметная подготовка» и «Методика обучения». Проведенная рефлексия образовательных результатов показывает готовность студентов к рефлексии собственных образовательных результатов, что в дальнейшем приведет к аналогичным анализу результатов школьников. Преподавателями МордГПИ получен опыт реализации программ сетевого взаимодействия, произведена корректировка применяемых ими методик обучения в соответствии с предложенными программами. В ходе итоговой конференции по итогам апробации модулей, проходивших в МПГУ 2 ноября 2015 года было скорректировано содержание и объем некоторых дисциплин, таких как «Методика обучения математике», «Физика», «Методика обучения физике», «Теоретические основы школьного курса математики».

Список использованных источников

1. Концепция модернизации российского образования на период до 2020 года // [Электронный ресурс] – URL : <http://zakonprost.ru/content/base /13553/> (дата обращения: 10.06.2014 г.).
2. Ладешкин, М. В. Конструктивный анализ опыта внедрения дисциплины «Основы математической обработки информации» в образовательный процесс педагогического вуза / М. В. Ладешкин, Н. Н. Дербеденева // Гуманитарные науки и образование. – 2013. – № 3. – С. 28–32.
3. Ladoshkin M. V. The Place of an Institution of Higher Pedagogical Education in the Modern System of Mathematical Education in Russia in the Context of the Concept of Mathematical Education Development in the Russian Federation / M. V. Ladoshkin, A. N. Khuziakhmetov, U. A. Esnazarova // Mathematics Education. 2015. – No. 10 (3). – Pp. 167–176.

References

1. The concept of modernization of Russian education for the period till 2020. URL : <http://zakonprost.ru/content/base /13553/> (accessed: 10.06.2014).
2. Ladoshkin M. V., Derbeneva N. N. Constructive analysis of experience of introduction of the discipline "operating systems-new mathematical information processing" in the educational process of pedagogical higher education institution. Humanities and education. 2013, No. 3, pp. 28–32.
2. Ladoshkin M. V., Khuziakhmetov A. N., Esnazarova U. A. The Place of an Institution of Higher Pedagogical Education in the Modern System of Mathematical Education in Russia in the

Поступила 14.08.15 г.

УДК 004.8(045)
ББК 32.813

Вознесенская Наталья Владимировна

кандидат педагогических наук, доцент
заведующая кафедрой информатики и вычислительной техники
ФГБОУ ВПО «Мордовский государственный педагогический
институт имени М. Е. Евсевьева», г. Саранск, Россия
ivt@mordgpi.ru

Хвастунов Николай Николаевич

кандидат физико-математических наук
доцент кафедры физики и методики обучения физике
ФГБОУ ВПО «Мордовский государственный педагогический
институт имени М. Е. Евсевьева», г. Саранск, Россия
physics@mordgpi.ru

**ПОПУЛЯРИЗАЦИЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ТВОРЧЕСТВА
ПОСРЕДСТВОМ ОРГАНИЗАЦИИ КОНКУРСОВ
ПО РОБОТОТЕХНИКЕ**

Аннотация. В данной работе исследуются вопросы популяризации инженерного творчества среди школьников. Проанализирована возможность популяризации технического творчества с помощью проведения конкурсных мероприятий по робототехнике. Исследована структура подобных конкурсов, отмечены важные составляющие элементы соревновательной части. Представлены рекомендации по улучшению качества проведения конкурсов по робототехнике.

Ключевые слова: робототехника, научно-техническое творчество, организация конкурсов, исследовательская работа.

Voznesenskaya Natalya Vladimirovna

Candidate of pedagogical Sciences, Docent
Head of the Department of computer science and engineering
Mordovian State Pedagogical Institute, Saransk, Russia

Hvastunov Nikolay Nikolaevich

Candidate of physico-mathematical Sciences, Docent
Department of physics and methods of physics teaching,
Mordovian State Pedagogical Institute, Saransk, Russia

POPULARIZATION OF SCIENCE AND ENGINEERING CREATIVITY BY HOLDING ROBOTICS COMPETITION

Abstract. In this paper studies the issues popularization of engineering creativity among school students. Analyzed the possibility to popularize technical creativity by means of competitive events on robotics. Investigated the structure such contests, marked an important element of the competition. Taken into account the impact of features of engineering for the organization of events. Provided recommendations for improving the quality of the competitions in robotics.

Keywords: robotics, scientific and technical creativity, organization of competitions, research.

В последние годы Российская Федерация предпринимает значительные усилия по модернизации научно-технологического комплекса, внедрению инноваций в научно-технологической сфере, обеспечению мирового уровня исследований, разработок и глобальной конкурентоспособности страны на направлениях, определенных национальными научно-технологическими приоритетами. В Концепции долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 года (Распоряжение Правительства Российской Федерации от 17 ноября 2008 г. № 1662-р) и Стратегии инновационного развития Российской Федерации на период до 2020 года (Распоряжение Правительства Российской Федерации от 8 декабря 2011 г. № 2227-р) заложены основы национальной инновационной системы, сформулирована система мер по развитию сектора исследований и разработок, инновационной инфраструктуры, образовательной среды и технологической модернизации российской экономики на основе технологических инноваций. Важнейшим фактором успешной реализации обозначенных задач является человеческий капитал – инновационно-мыслящие специалисты высокотехнологичных, наукоемких сфер производства. Его сохранение и развитие предполагает создание условий для привлечения подрастающего поколения к детскому и молодежному научно-техническому творчеству.

В то же время широкое распространение телевидения, компьютеров, мобильных устройств и глобальных сетей привело к существенному снижению интереса детей к научно-техническому творчеству, что неминуемо ведет к снижению возможности прикладного использования практических навыков, генерации интересных идей, проектирования и изготовления собственных инженерных продуктов и решений.

Для того чтобы научно-техническое творчество вновь стало интересно молодежи, необходимо повышение привлекательности всего цикла создания инженерного продукта, начиная от идеи и заканчивая готовым изделием. Достигается это за счет применения в производственном процессе самых современных цифровых мультимедийных технологий и программно-аппаратных систем, позволяющих применять эти технологии в полной мере для реализации инновационных идей, которые, порой, невозможно реализовать стандартными средствами. Технологии 3D-моделирования и трехмерной графики позволяют воплотить в жизнь самые оригинальные и перспективные

идеи и перенести их в цифровой мир. Технологии 3D-проектирования и конструирования помогут в предпроектной подготовке и приблизят идею к переносу в реальный мир. Технология 3D-стереоскопии дает возможность наглядно продемонстрировать свою идею с использованием стереоскопических 3D-очков и полностью погрузить аудиторию в виртуальный мир. Технология бесконтактного управления позволит пользователям взаимодействовать с виртуальными объектами жестами, не прибегая к стандартным устройствам ввода, что даст неограниченную свободу действия в виртуальной среде. А технологии дополненной и виртуальной реальности помогут объединить виртуальное и реальное пространство и существенно расширить возможности в исследовательской, проектной, образовательной деятельности.

Благодаря перечисленным технологиям и аппаратным решениям на их основе, удастся в значительной степени повысить наглядность и увлекательность научно-технического творчества и массово вовлечь детей в процесс изучения новых технологий и механизмы создания объектов на их основе.

Формирование у детей в дошкольном и школьном возрасте интереса к инженерному творчеству и снятие границ для «полета фантазии», позволят на выходе получить творческих молодых людей, заинтересованных в продолжении совершенствования своих инженерных навыков, с широким диапазоном знаний и возможностью их применения. А это, в свою очередь, позволит решить актуальную в настоящее время проблему профориентации – сориентирует молодых людей и поможет им подготовиться к поступлению в высшие учебные заведения по техническим специальностям. Таким образом, развитие детского и молодежного инновационного творчества тесно связано с решением проблемы подготовки квалифицированных инженерно-технических и конструкторских кадров для высокотехнологичных отраслей промышленности и науки.

В настоящее время в регионе, как и в целом по России не существует сообществ и центров со свободным доступом к средствам 3D-разработки и высокотехнологичному оборудованию, где пользователи могли бы экспериментировать, заниматься исследовательской деятельностью и воплощать в жизнь свои идеи. Несмотря на то, что в России активно развивается сеть типовых Центров молодежного инновационного творчества (ЦМИТ), в которых устанавливается рекомендованное оборудование, позволяющее решить задачи, предъявляемые к молодежным центрам, им сложно привлекать современную молодёжь, «глубоко погруженную» в цифровой мир.

В связи с этим можно рассмотреть возможность создания ЦМИТов, которые будут иметь больший «цифровой уклон» по сравнению со стандартными центрами. Использование увлекательных визуальных средств, таких как стереоскопические 3D-модели и средства дополненной реальности, позволит в значительной степени повысить вовлеченность детей в рабочий процесс моделирования и прототипирования. Кроме того, возможности указанных средств позволят проводить работы в тех областях, в которых натуральный эксперимент не может быть проведен по объективным (например, моделиро-

вание ядерных реакций) или субъективным (отсутствие необходимого инструментария) причинам.

Целесообразность применения виртуальных средств, в особенности стереоскопических моделей, дополненной и виртуальной реальности, не вызывает сомнений. Но недостаточно только снабдить виртуальными средствами. Необходимо разработка технологических решений и учебно-методических наборов, обеспечивающих максимальный педагогический эффект. Консолидация технологической и педагогической компонент позволят получить требуемый синергетический эффект. За счет интегрированной разработки педагогических и технологических решений может быть обеспечен качественно новый уровень образовательных и исследовательских технологий.

Важной составной частью любой творческой деятельности является возможность реализации и подтверждения своего мастерства в соответствующей общественной среде. Этому способствуют различные мероприятия (выставки, конкурсы). Области робототехники существует немалое количество конкурсов, конференций, семинаров и т. п. Все они отличаются по уровню организации, целям, содержанию. К сожалению, некоторые из них имеют свои проблемы и недостатки, о которых пойдет речь далее.

Первым минусом, который можно выделить, является структура подобных конкурсов. Структура конкурсов бывает выстроена по тому же принципу, который есть у всероссийских предметных олимпиад. Это не всегда оправдано. При формировании этапов конкурсов по робототехнике необходимо исходить из реалий каждого региона. В некоторых случаях нет особого смысла в проведении школьного и даже муниципального этапа. В некоторых случаях стоит проводить муниципальный этап, но, возможно, нет необходимости в определении победителей и призеров.

В рамках положений о проведении конкурсов по робототехнике и техническому творчеству следует прописывать отдельно возрастной момент. В некоторых конкурсах по возрасту не могут на полных правах участвовать младшие школьники. При этом их разработки могут быть интересными и актуальными. Необходимо либо снять ограничения, либо проводить отдельные мероприятия, в которых будут на равных соревноваться все школьники всех возрастов.

Вторым возможным недостатком может являться недоработка положения о конкурсе. В связи с этим хочется привести в пример «Положение о Всероссийском конкурсе по робототехнике и интеллектуальным системам среди обучающихся» [7]. В этом положении четко выделены конкурсные направления. «..Соревнования роботов проводятся по следующим номинациям: Траектория, Сумо, Лабиринт..» [7]. После чего четко оговариваются правила проведения соревновательной части по каждому из направлений. Все положения конкурсов по нашему видению должны иметь такой принцип в виду. Нельзя объединять, например, обыкновенных колесных роботов и манипуляторы в одну секцию. В связи с малостью участников может иметь место искусственное укрупнение номинаций. В результате некоторые участни-

ки могут оказаться в заведомо невыгодном положении. Вне зависимости от количества участников должны учитываться «весовые категории».

Другой проблемой конференций по робототехнике и другим направлениям среди школьников является структура выступления или заявки. Нередко программа школьных конференций соответствует формату научных конференций ученых. В применении к мероприятиям среди школьников стоит несколько переформатировать понятия «актуальность работы» и «новизна исследования». Новизна исследования в мировом или российском масштабе без скидки на то, что работа выполнена школьником, вызывает некоторые вполне обоснованные сомнения. Встречается не совсем реалистичное понимание актуальности своей работы школьниками. Необходимо формировать адекватное восприятие актуальности выполненного исследования. Тут нужны совместные усилия организаторов конкурсов и руководителей проектов.

В заключении остановимся на общих проблемах развития школьной робототехники в России. Новый предмет «Робототехника» появится во всех школах в сентябре 2015 года. Об этом объявил министр образования России Дмитрий Ливанов» [3], однако предмет появился далеко не во всех школах. Причин тому множество. Основная причина – финансовые затраты.

Вторым аспектом является выбор конструкторов и других средств для обучения робототехнике. Если вводить это повсеместно, то необходим универсальный подход. Сейчас робототехника держится на кружках, которые организованы школами и учреждениями дополнительного образования. В плане конкурсных мероприятий такая система развития робототехники приводит к конкуренции кружков.

Конкуренция является хорошим стимулом, но иногда это вредит развитию инженерных способностей конкретного школьника. Есть случаи, когда ученик из одного кружка не может улучшить свой проект в связи с отсутствием необходимого инструментария. Этот инструментарий есть в конкурирующей организации, но эта организация не будет ему помогать, ибо он является соперником на конкурсах. В таких случаях необходим индивидуальный подход.

Существует немало педагогических работ, в которых отражена значимость и необходимость внедрения робототехники повсеместно для развития творческих способностей, например [1–2; 4–6; 8–11]. Действительно, робототехника может позволить развить творческий потенциал школьников, реализовать междисциплинарный подход. Несколько лет назад то же самое говорили о нанотехнологиях применительно к школе. Очень бы не хотелось, чтобы робототехника повторила этот путь.

На основе исследования нами сделаны следующие выводы:

1. Необходим индивидуальный подход к построению этапной структуры конкурсов по робототехнике.
2. Секционное деление конкурса или мероприятия по робототехнике в большинстве случаев не должно исходить из количества участников. Возможно при большом количестве участников более мелкое дробление направ-

лений. Но не стоит допускать объединение разнородных секций при малости работ.

3. Необходимо более четко определить понятия «актуальность» и «новизна» применительно к работам школьных конференций.

Список использованных источников

1. III Всероссийская конференция «Современное технологическое обучение: от компьютера к роботу» (сборник тезисов). – Санкт-Петербург, 2013 г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://www.239.ru/userfiles/file/Abstract_CompRobot2013.pdf.

2. Голобородько, Е. Н. Робототехника как ресурс формирования ключевых компетенций обучающихся [Электронный ресурс] / Е. Н. Голобородько. – Режим доступа : <http://robot.uni-altai.ru>.

3. Дуэль, А. В следующем году в школах появится предмет «Робототехника». – Российская газета, 21.11.2014. [Электронный ресурс] / А. Дуэль. – Режим доступа : <http://www.rg.ru/2014/11/21/robot-site-anons.html>.

4. Ершов, М. Г. Роль образовательной робототехники в формировании инженерного мышления школьников [Электронный ресурс] / М. Г. Ершов. – Режим доступа : <http://confer.cschool.perm.ru/tezis/Ershov.doc>.

5. Изучение элементов робототехники в базовом курсе информатики [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://festival.1september.ru/articles/623491>.

6. Криволапова, Н. А. Создание системы поддержки развития научно-технического творчества детей, учащихся и молодежи / Н. А. Криволапова. Инновационный вестник образования – 2010. – № 1 (2). – С. 3–6.

7. Положение о Всероссийском конкурсе по робототехнике и интеллектуальным системам среди обучающихся. – ФГБОУ ДОД «Федеральный центр технического творчества учащихся», 2013 г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.stankin.ru/upload/ftsttu/PolRobot2014.pdf>.

8. Решение AFS™ для предметной области «Робототехника» [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://www.ros-group.ru/static/complex/-rus-common-solutions-comedu_robot.

9. Свистун, И. В. Системный подход к использованию Лего-технологий в преподавании предмета «Информатика и ИКТ» [Электронный ресурс] / И.В. Свистун. – Режим доступа : www.uni-altai.ru/info/journal/vestnik/6020-nomer-1-2011.html.

10. Соломатова, Е. И. Возможности применения исследовательских проектов в обучении основам робототехники [Электронный ресурс] / Е. И. Соломатова, Д. П. Тевс. – Режим доступа : <http://robot.uni-altai.ru>.

11. Ушаков, А. А. Робототехника в средней школе – практика и перспективы [Электронный ресурс] / А. А. Ушаков. – Режим доступа: www.uni-altai.ru/info/journal/vestnik/3365-nomer-1-2010.html.

References

1. III Russian Conference "Modern technological education: from the computer to the robot" (collection of theses), St. Petersburg, 2013, [Electronic resource]. URL: http://www.239.ru/userfiles/file/Abstract_CompRobot2013.pdf.

2. Goloborodko E. N. Robotics as a resource to form of key competencies of student [Electronic resource]. URL: <http://robot.uni-altai.ru>.

3. Duel A. The following year, schools will be the subject of "Robots," Rossiyskaya Gazeta, 11.21.2014 [Electronic resource], URL: <http://www.rg.ru/2014/11/21/robot-site-anons.html>.

4. Yershov M. The role of educational robotics in the formation of the engineering mindset of pupils [Electronic resource]. URL: <http://confer.cschool.perm.ru/tezis/Ershov.doc>.

5. Study of robotics elements in the basic course of computer science [Electronic resource]. URL: <http://festival.1september.ru/articles/623491>.
6. Krivolapova N. Creating a system to support the development of scientific and technical creativity of children, students and young people, Innovacionnyi obrazovatelnyi jurnal, 2010, №1 (2), pp 3-6.
7. Regulations of the All-Russian competition in robotics and intelligent systems among students, FGBOU DOD "Federal Center of technical creativity of pupils", 2013 [Electronic resource]. URL: <http://www.stankin.ru/upload/ftsttu/PolRobot2014.pdf>.
8. AFS TM Solution for subject area "Robotics" [Electronic resource]. URL: http://www.ros-group.ru/static/complex/-rus-common-solutions-comedu_robot.
9. Svistun I. A systems approach to the use of Lego technologies in teaching the subject "Informatics and ICT" [Electronic resource]. URL: www.uni-altai.ru/info/journal/vesnik/6020-nomer-1-2011.html.
10. Solomatova E., Tevs D. Possible applications of research projects in teaching the basics of robotics [Electronic resource]. URL: <http://robot.uni-altai.ru>.
11. Ushakov A. Robotics at secondary school-practice and perspectives [Electronic resource]. URL: www.uni-altai.ru/info/journal/vesnik/3365-nomer-1-2010.html.

Поступила 09.09.15 г.

УДК 37.016:51(045)
ББК 22.1р

Сарванова Жанна Александровна

кандидат педагогических наук, доцент
кафедра математики и методики обучения математике
ФГБОУ ВПО «Мордовский государственный педагогический
институт имени М. Е. Евсевьева», г. Саранск, Россия
sarvan@yandex.ru

СОВОКУПНОСТЬ ЗАДАЧ ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ УЧАЩИХСЯ ОСНОВНОЙ ШКОЛЫ ПРИМЕНЕНИЮ МЕТОДА ПЛОЩАДЕЙ ПРИ РЕШЕНИИ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ЗАДАЧ

Аннотация. В статье раскрываются особенности геометрического метода решения задач с использованием понятия площади фигуры; выделяются действия, адекватные методу площадей; приводится совокупность задач для формирования соответствующих действий.

Ключевые слова: метод, площадь, метод площадей, геометрическая задача, решение задач, соответствующие действия.

Sarvanova Zhanna Aleksandrovna

Candidate of pedagogical Sciences, Docent
Department of mathematics and methods of teaching mathematics
Mordovian State Pedagogical Institute, Saransk, Russia

A SET OF OBJECTIVES FOR THE EDUCATION OF STUDENTS PRIMARY SCHOOLS USE THE METHOD OF SQUARES WHEN SOLVING GEOMETRIC PROBLEMS

Abstract. The article describes the features of the geometric method of solving problems using the concept of square shapes; highlights the steps that are adequate for the method of squares; given a set of objectives to form the corresponding actions.

Keywords: the method area, the area method, a geometric problem, problem solving, appropriate actions.

Как известно, поиск решения геометрических задач часто основывается на использовании эвристических приемов, а также использовании частных эвристик. К одному из эвристических методов решения задач относят метод площадей. Из его названия следует, что главным объектом данного метода является площадь. Для ряда фигур, например для треугольника, площадь довольно просто выражается через разнообразные комбинации элементов фигуры (треугольника). Поэтому весьма эффективным оказывается прием, когда сравниваются различные выражения для площади данной фигуры. В этом случае возникает уравнение, содержащее известные и искомые элементы фигуры, разрешая которое мы определяем неизвестное. Здесь и проявляется основная особенность метода площадей – из геометрической задачи получаем задачу алгебраическую, сводящуюся к решению уравнения или системы уравнений.

Однако, несмотря на свою простоту, использование этого метода вызывает некоторые трудности у учащихся, связанные, прежде всего с тем, что в формулировке задачи может и не фигурировать понятие площади.

Обратимся к школьным учебникам геометрии. В учебнике А. В. Погорелова [5] метод площадей не рассматривается. В [1; 2] вообще не упоминают о методе площадей, хотя используют его при доказательстве различных теорем и решении задач. Только в учебнике И. Ф. Шарыгина [9] в названии параграфа присутствует название метода площадей. Автор дает ему характеристику, включает задачи на его применение. Однако имеющиеся в школьных учебниках задачи направлены на формирование узкого круга действий, соответствующих методу. Поэтому существует необходимость в разработке совокупности задач для обучения учащихся применению метода площадей.

В настоящее время имеется достаточное число исследований, посвященных обучению учащихся методам решения задач. Так, методика обучения решению задач геометрическими методами раскрывается в работах Е. Е. Овчинниковой, Л. С. Капкаевой, Г. И. Саранцева, И. В. Ульяновой и др.

Рассматривая обучение решению задач методами геометрических преобразований, векторным и методом координат, Г. И. Саранцев выделяет умения, как компоненты методов [6, с. 123]. Л. С. Капкаевой выделены деятельностные компоненты метода: определенная система действий, реализация которой ведет к достижению результата и средства достижения результата [2,

с. 21]. В статье И. В. Ульяновой выделены возможности использования компьютерных программ для формирования действий, адекватных методу поворота [8, с. 53].

В работе Е. Е. Овчинниковой делается попытка выделить выполняемые в процессе решения задач методом площадей действия. Так, по мнению автора, «...решающие должны: 1) проанализировать заданную в условии задачи конфигурацию в целом и отдельно ее элементы с точки зрения включения площади или объема для решения задачи; 2) отобрать элементы заданной конфигурации, которые будут необходимы для опредмечивания выбранных свойств площадей или объемов; 3) выбрать конкретные свойства и формулы площади или объема, связанные с заданной конфигурацией; 4) найти площади или объемы выбранных фигур или тел их отношения; 5) подставить найденные значения или отношения в выбранные свойства для получения результата» [4, с. 53].

Опираясь на имеющиеся исследования, нами были выделены *действия*, составляющие метод площадей:

1) анализ заданной в задаче конфигурации, включающей в себя анализ ее элементов и их свойств;

2) нахождение площади фигуры с использованием данных и искомым элементов;

3) составление уравнения с использованием различных выражений для площади рассматриваемой фигуры;

4) разбиение фигуры на части;

5) нахождение отношения площадей и соответствующих отрезков.

Обучать учащихся действиям и их совокупностям нужно поэтапно, начиная с формирования простейших, отдельных действий, заканчивая формированием их совокупности. Перечислим эти этапы.

Первый этап – подготовительный. Его целью является актуализация знаний о нахождении площадей различных фигур, формирование отдельных действий: анализировать заданную в задаче конфигурацию, включающую в себя анализ ее элементов и их свойств, разбиение фигуры на части, нахождение площадей фигур различными методами. На *втором этапе* формируются умения решать задачи на составление уравнения, используя различные выражения для площади фигуры. *Третий этап* направлен на формирование умений находить отношение площадей и соответствующих отрезков, а также применять сформированные действия в комплексе.

Отметим, что действия 1–2, формируются при решении практически любой геометрической задачи. Что касается действия составлять уравнения с использованием различных выражений для площади рассматриваемой фигуры, то именно оно должно быть объектом особого внимания учителя на втором этапе обучения методу. Приведем цепочку задач для его формирования.

Задача 1. У треугольника со сторонами 9 и 6 проведены высоты к этим сторонам. Высота, проведенная к первой стороне, равна 4. Обозначьте высо-

ту за x и составьте уравнение, используя формулу площади треугольника. Чему равна высота, проведенная ко второй стороне?

Задача 2. Катеты прямоугольного треугольника равны 3 и 4. Найти высоту, проведенную к гипотенузе данного треугольника.

Задача 3. Сторона основания равнобедренного треугольника равна 8, а боковые стороны равны 10. Найти высоту, приведенную к боковой стороне.

Задача 4. Дан равнобедренный треугольник ABC , сторона $AB=BC=10$, высота, проведенная к основанию AC равна 6. Найдите радиус вписанной окружности.

Задача 5. В треугольнике ABC , сторона $AB=2$, $BC=1,5$, $\angle C=90^\circ$. Найдите радиус вписанной окружности.

Задача 6. Найти радиус описанной около треугольника окружности, если его стороны равны 3, 7 и 9.

Заметим, что в задачах 1–3 дважды используется формула $S = \frac{1}{2}ah$. В задачах 4–5 применяют формулы $S = \frac{1}{2}ah$ и $S = pr$. В задаче 6 площадь можно найти по формулам $S = \sqrt{p(p-a)(p-b)(p-c)}$ и $S = \frac{abc}{4R}$.

Далее рассмотрим задачи, используемые на заключительном этапе.

Задача 7. Найдите биссектрису AD треугольника ABC , если $AB=c$, $AC=b$, а угол A равен α .

Решение. Связь между известными и неизвестными величинами можно выявить, используя формулу площади треугольника, а также свойство аддитивности площади.

Подсчитаем площадь треугольника ABC (рис. 1) двумя способами:

$$S_{ABC} = S_{ADC} + S_{ADB} \quad (1), \quad \text{где } S_{ABC} = \frac{1}{2}AB \cdot AC \cdot \sin A = \frac{1}{2}cb \cdot \sin \alpha; \quad (2)$$

$$\text{Аналогично } S_{ABD} = \frac{1}{2}c \cdot AD \cdot \sin \frac{\alpha}{2}; \quad S_{ADC} = \frac{1}{2}AD \cdot b \cdot \sin \frac{\alpha}{2}.$$

Тогда, подставляя полученные выражения в (1), имеем уравнение:

$$\frac{1}{2}c \cdot d \cdot \sin \alpha = \frac{1}{2}c \cdot AD \cdot \sin \frac{\alpha}{2} + \frac{1}{2}b \cdot AD \cdot \sin \frac{\alpha}{2}$$

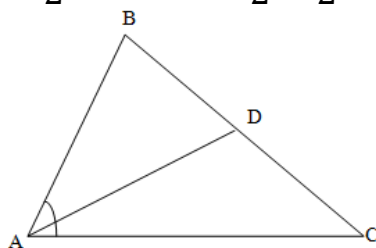


Рис. 1.

Откуда, проведя преобразования, получаем $AD = \frac{2c \cdot b \cdot \cos \frac{\alpha}{2}}{b+c}$.

Задача 8. Каждая диагональ четырехугольника делит его на треугольники одинаковой площади. Докажите, что этот четырехугольник – параллелограмм.

Решение. Из условия следует, что верны равенства: $S_1 + S_2 = S_3 + S_4$ и $S_1 + S_4 = S_3 + S_2$ (рис. 2). Откуда получим, что $S_1 = S_3$, а $S_2 = S_4$.

Кроме этого, соответствующие высоты треугольников BOC , COD и AOB , AOD равны, соответственно, площади относятся как длины оснований, т. е. $S_1 : S_2 = AO : OC$, $S_4 : S_3 = AO : OC$. Из того, что $S_1 = S_3$ и $S_2 = S_4$, следует, что $AO : OC = OC : OA$. Следовательно, $AO = OC$.

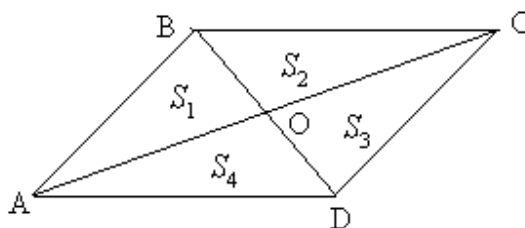


Рис. 2.

Аналогично можно доказать, что $BO = OD$. Тогда можно сделать вывод, что диагонали четырехугольника точкой пересечения делятся пополам, а это значит, что $ABCD$ – параллелограмм.

Для решения задачи 7 учащиеся применяют умения разбивать площадь фигуры на части, находить площадь фигуры различными способами, составлять уравнения с использованием различных выражений для площади.

Решение задачи 8 основано на выполнении комплекса действий: анализа заданной в задаче конфигурации, включающей в себя анализ ее элементов и их свойств, нахождение площади фигуры различными способами, нахождение отношения площадей и соответствующих отрезков.

В заключение отметим, что в полной мере реализовать обучение учащихся применению метода площадей можно на элективном курсе, что способствует их подготовке к государственной итоговой аттестации по математике [7, с. 119].

Список использованных источников

1. Александров, А. Д. Геометрия : учеб. пособие для 8 кл. с углубленным изучением математики / А. Д. Александров, А. Л. Вернер, В. И. Рыжик. – М. : Просвещение, 2012. – 240 с.
2. Атанасян, Л. С. Геометрия : учебник для 7–9 кл. общеобразоват. учреждений / Л. С. Атанасян, В. Ф. Бутузов, С. Б. Кадомцев. – 2-е изд. – М. : Просвещение, 2014. – 384 с.
3. Капкаева, Л. С. Алгебраический и геометрический методы в школьном курсе математики как способы познавательной деятельности учащихся / Л. С. Капкаева // Гуманитарные науки и образование. – 2012. – № 1. – С. 18–22.
4. Овчинникова, Е. Е. Использование метода площадей и объемов при решении школьных геометрических задач: дис. канд. пед. наук: 13.00.02 : Овчинникова Елена Евгеньевна. – Москва, 2002. – 133 с.
5. Погорелов, А. В. Геометрия. 7-9 классы: учеб. для общеобразоват. Учреждений / А. В. Погорелов. – 10-е изд. – М. : Просвещение, 2009. – 224 с.
6. Саранцев, Г. И. Методика обучения геометрии : учеб. пособие для студентов вузов по направлению «Педагогическое образование» / Г. И. Саранцев. – Казань : Центр инновационных технологий, 2011. – 228 с.
7. Сарванова, Ж. А. Элективный курс по геометрии «Метод площадей» для учащихся 10–11 классов Ж. А. Сарванова // Преподавание математики в школах и вузах: про-

блемы содержания, технологии и методики : сборник науч. тр IV Всерос. науч.-практ. конф., Глазов, 14–15 декабря 2012 г. – Глазов. – С. 118–120.

8. Ульянова, И. В. Использование компьютера в обучении учащихся геометрическим преобразованиям плоскости / И. В. Ульянова // Учебный эксперимент в образовании. – 2014. – № 3. – С. 50–56.

9. Шарыгин, И. Ф. Геометрия. 7–9 кл. : учеб. для общеобразоват. учреждений / И. Ф. Шарыгин. – М. : Дрофа, 2012. – 462 с.

References

1. Aleksandrov A. D. Geometry. Moscow, Prosvechenie, 2012, 240 p.
2. Atanasyan S. L. Geometry. Moscow, Prosvechenie, 2014, 384 p.
3. Kapkayeva L. S. Algebraic and geometric methods in the school mathematics course as a means of cognitive activity of pupils. Gumanitarnyye nauki i obrazovanie, 2012, No. 1, pp. 18–22.
4. Ovchinnikova E. E. Ispolzovaniye of a method of the areas and volumes at the solution of school geometrical tasks. Moscow, 2002, 133 p.
5. Pogorelov A. V. Geometriya. 7–9 classes. Moscow, Prosvechenie, 2009, 224 p.
6. Sarantzev G. I. Metodik of training of geometry. Kazan, 2011, 228 p.
7. Sarvanova Zh. A. An elective course on geometry "A method of the areas" for pupils of 10-11 classes. Glazov, 2012, pp. 118–120.
8. Ulyanova I. V. The use of computer in teaching students geometric transformations of the plane. Uchebnyiy eksperiment v obrazovanii, 2014. No. 3, pp. 50-56.
9. Sharygin I. F. Geometry. 7–9 classes. Moscow, Drofa, 2012, 462 p.

Поступила 29.10.15 г.

УДК 004(091)(045)

ББК 73г

Кормилицына Татьяна Владимировна

кандидат физико-математических наук, доцент
кафедра информатики и вычислительной техники
ФГБОУ ВПО «Мордовский государственный педагогический
институт имени М. Е. Евсевьева», г. Саранск, Россия
ivt@mordgpi.ru

Тарасова Мария Федоровна

студентка, физико-математический факультет
ФГБОУ ВПО «Мордовский государственный педагогический
институт имени М. Е. Евсевьева», г. Саранск, Россия
tarasova.mariyka@gmail.com

ИСТОРИЧЕСКИЙ ЭКСКУРС В РОССИЙСКУЮ ИНФОРМАТИКУ КАК ИНСТРУМЕНТ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ БАКАЛАВРОВ

Аннотация. Представлены исторические сведения о единственной российской системе символической математики. Рекомендовано использование этой информации в процессе обучения бакалавров в вузе.

Ключевые слова: компетенции, принцип историзма, история информатики, система компьютерной математики.

Kormilitsyna Tatyana Vladimirovna

Candidate of physico-mathematical Sciences, Docent
Department of computer science and engineering
Mordovian State Pedagogical Institute, Saransk, Russia

Tarasova Maria Feodorovna

Student, Physics and mathematics faculty
Mordovian State Pedagogical Institute, Saransk, Russia

RECALL THE HISTORY OF RUSSIAN COMPUTER SCIENCE AS A TOOL OF FORMATION OF COMPETENCES OF BACHELORS

Abstract. Historical information about the only Russian system of symbolic mathematics. The recommended use of this information in the course of training of bachelors at the University.

Keywords: competence, principle of historicism, the history informatics, the system of computer mathematics.

Среди компетенций, установленных для бакалавров, присутствуют общекультурные компетенции (ОК):

– способен осознавать социальную значимость своей будущей профессии, обладать высокой мотивацией к выполнению профессиональной деятельности (ОК–6);

– способен понимать сущность и проблемы развития современного информационного общества (ОК–7);

– способен понимать сущность и значение информации в развитии современного информационного общества (ОК–13).

Считаем, что использование исторических сведений может оказать существенную роль в процессе формирования указанных и других компетенций. Ранее уже приводились примеры реализации принципа историзма при изучении информатики в вузе [2].

История информатики в нашей стране (сначала СССР, а затем России) насыщена драматическими коллизиями и резкими изменениями приоритетов. Это ощущается даже в терминологии. Термин *информатика* для обозначения совокупности научных направлений, тесно связанных с появлением компьютеров и их стремительным вхождением в ноосферу, определяемую жизнедеятельностью людей, у нас относительно новый. Он получил «права гражданства» в начале 80-х годов, а до этого, согласно определению, данному в Большой Советской энциклопедии, информатика рассматривалась как «... дисциплина, изучающая структуру и общие свойства научной информации, а также закономерности ее создания, преобразования, передачи и использования в различных сферах человеческой деятельности».

Поэтому, говоря об истории информатики в бывшем СССР и теперешней России, надо излагать историю отечественной кибернетики и частично прикладной математики и вычислительной техники.

К середине 50-х годов у ведущих специалистов в области вычислительной техники было ясное представление о путях развития отечественной информатики. Примером может служить статья В. М. Глушкова, работавшего тогда в лаборатории вычислительной техники Института математики академии наук УССР в Киеве.

Виктор Михайлович Глушков – советский математик, кибернетик, принадлежит к плеяде выдающихся ученых нашего времени, является самобытным исследователем, автором многочисленных работ по теории автоматов, современной алгебре, искусственному интеллекту, системному анализу, макромоделям экономики, известен своими научными результатами мирового значения в математике, информатике и кибернетике, вычислительной технике и программировании, созданием в этих областях науки собственных школ. В середине 1957 года четко определяет направления стратегических исследований в области информатики. По мнению В. М. Глушкова, основой прогресса развития вычислительных машин должна стать теория их работы, разработка методов автоматизации проектирования ЭВМ и развитие методов автоматизации программирования. Он подчеркивает важную роль исследований в области теории алгоритмов и теории конечных детерминированных и стохастических автоматов, принципиальное значение разработки методов символьных преобразований на ЭВМ (аналитических преобразований, доказательства теорем, машинного перевода), отмечает центральную роль, которую играет задача оптимизации программ (особенно для управляющих машин), а также указывает на обратное влияние развития вычислительных машин на дальнейшие работы в области вычислительной математики.

Под руководством Глушкова в 1966 году была разработана первая в СССР персональная ЭВМ «МИР-1» (машина для инженерных расчётов). Проектируя МИРы, разработчики ставили дерзкую задачу – сделать машинный язык возможно более близким к входному (математическому) языку. Такой язык АНАЛИТИК был создан и поддержан оригинальной аппаратно-микропрограммной системой, практически реализующей аппаратную трансляцию программ. По скорости выполнения аналитических преобразований им не было равных в мире.

Реализованная в ЭВМ этой серии первая отечественная система аналитических вычислений (САВ) получила признание мирового научного сообщества и составила серьезную конкуренцию предшествующей ей программной реализации символьных вычислений в системе компьютерной алгебры (СКА) REDUCE, созданной в начале 60-х годов А. К. Херном.

Впоследствии идея АНАЛИТИКА была возрождена в Maple (как признают авторы разработки), отдельные компоненты которого в качестве составной части входят в такие известные пакеты, как Matlab и MathCAD [1; 3].

В условиях современной России, не имеющей отечественной системы аналитических вычислений, факт многообразия существующих зарубежных систем компьютерной алгебры является слабым утешением. В первую очередь потому, что программная реализация (с их использованием) алгоритмов, например, аналитической теории автоматического управления зачастую затруднительна, а в ряде случаев и невозможна.

Отдавая отчет в том, что дальнейшее отставание в этой области не способствует паритету и безопасности России (в оборонном и технологическом плане), в Саратовском государственном техническом университете (СГТУ) была предпринята попытка возрождения отечественной школы САВ. Проект получил условное название «АНАЛИТИК-С». Считаем, что следует обязательно сообщить эту информацию.

WEB-сервис среды аналитических вычислений «АНАЛИТИК-С» (WEB 2.0) представляет собой среду программирования вычислений как с числами (команда «выполнить»), так и с символами (команда «пусть»), базирующуюся на идеях языка АНАЛИТИК. Среда размещена на научно-образовательном портале по адресу [4]. Интерфейс среды имеет вид (рис. 1):

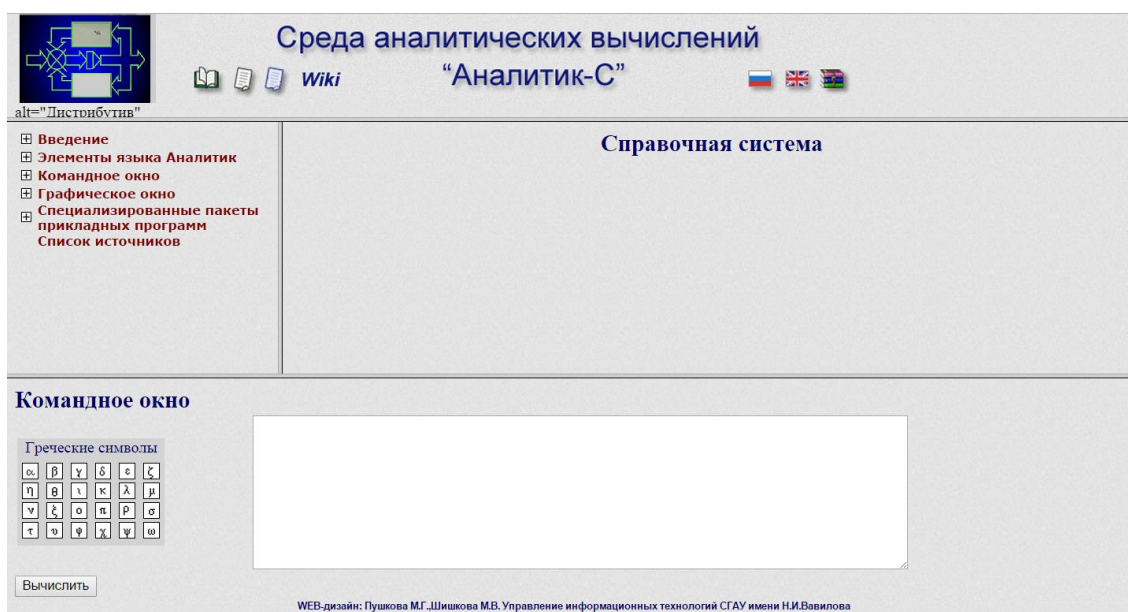


Рис. 1. Среда аналитических вычислений «Аналитик-С»

Среда программирования численных и аналитических вычислений «АНАЛИТИК-С» позволяет программировать численные и аналитические вычисления с данными, заданными в числовой или символьной форме, с использованием операций сложения, вычитания, умножения, деления, возведения в степень, извлечения корня заданной степени, дифференцирования и интегрирования. Ядро среды аналитических вычислений «АНАЛИТИК-С» содержит реализованные программно гиперболические функции, комбинаторные функции, константы и системные переменные, многозначные функции, обратные тригонометрические функции, операции над матрицами, операции над многочленами, операции над числами, тригонометрические функ-

ции, а также операторы цикла и условные операторы. Указанная среда снабжена следующими пакетами прикладных программ: «Абстрактная математическая модель информационно-управляющих систем», «Линейная алгебра», «Анализ», «Синтез», «Распознавание образов алгебраических формул» и т. д.

Запрограммированный пользователем вычислительный фрагмент (скрипт) может быть сохранён на компьютере пользователя с возможностью последующего запуска в очередном сеансе среды аналитических вычислений «АНАЛИТИК-С», для чего сохранённый скрипт должен быть скопирован в командное окно. Среда является открытой.

В любом случае язык вошел в историю российской информатики как некоторая отечественная система искусственного интеллекта, а в истории информатики система АНАЛИТИК является до сих пор единственной русскоязычной системой компьютерной математики.

Приведенные сведения оказались для студентов-бакалавров новыми, если не сказать неожиданными, т. к. сведения об информатике в России и сейчас являются разрозненными и неполными. Это подчеркивает важность обсуждаемой проблемы в современных образовательных условиях.

Список использованных источников

1. Дьяконов, В. П. Компьютерная математика. Теория и практика / В. П. Дьяконов. – М. : Нолидж, 2001. – 1296 с.
2. Кормилицына, Т. В. Организация интерактивных занятий по информатике с включением элементов историзма / Т. В. Кормилицына // Учебный эксперимент в образовании. – 2013. – № 1. – С. 58–62.
3. Мурашкин, В. Г. Инженерные и научные расчеты в программном комплексе MathCAD : учебное пособие / В. Г. Мурашкин. – Самара : Самарский государственный архитектурно-строительный университет, 2011. – 84 с.
4. Онлайн сервис [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://old.sgau.ru/analitik_c/.

References

1. Dyakonov V. P. Computer mathematics. Theory and practice. Moscow, Nolig, 2001. 1296 p.
2. Kormilitsyna T. V. Organization of interactive lessons in computer science with the inclusion of elements of historicism. Uchebnyiy eksperiment v obrazovanii, 2013, No. 1, pp. 58–62.
3. Murashkin V. G. Engineering and scientific calculations in the software package MathCAD : a training manual. Samara, 2011, 84 p.
4. Online service [Electronic resource]. URL : http://old.sgau.ru/analitik_c/.

Поступила 27.09.15 г.

УДК 53.07(045)
ББК 22.3с

Свешников Виктор Константинович
доктор технических наук, профессор
кафедра физики и методики обучения физике
ФГБОУ ВПО «Мордовский государственный педагогический
институт имени М. Е. Евсевьева», г. Саранск, Россия
physics@mordgpi.ru

Базаркин Александр Фёдорович
кандидат технических наук
кафедра информатики и вычислительной техники
ФГБОУ ВПО «Мордовский государственный педагогический
институт имени М. Е. Евсевьева», г. Саранск, Россия

РАЗРАБОТКА КОМПЬЮТЕРНОЙ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ ПО ФИЗИКЕ «МОДЕЛИРОВАНИЕ И КОМПЬЮТЕРНЫЙ РАСЧЕТ РАБОТЫ ВЫХОДА ОКСИДНОГО КАТОДА»

Аннотация. Разработана компьютерная лабораторная работа «Моделирование и компьютерный расчет работы выхода оксидного катода». В работе приводится алгоритм и методика расчета температурной зависимости работы выхода оксидного катода. Лабораторная работа состоит из трех частей: теоретической, моделирующей и контролирующей, в которой на основании изложенного в первых двух частях дается самостоятельное задание по проведению компьютерного эксперимента.

Ключевые слова: оксид, катод, работа выхода, модель, алгоритм.

Sveshnikov Viktor Konstantinovich
Doctor of technical sciences, Professor
Department of physics and methods of teaching physics
Mordovian State Pedagogical Institute, Saransk, Russia

Bazarkin Aleksandr Fedorovich
Candidate of technical sciences
Department of computer science and engineering
Mordovian State Pedagogical Institute, Saransk, Russia

DEVELOPMENT OF A COMPUTER LABORATORY WORK IN PHYSICS "THE MODELING AND COMPUTER CALCULATION OF THE WORK FUNCTION OF THE OXIDE CATHODE"

Abstract. Developed the computer lab "The modeling and computer calculation of the work function of the oxide cathode" In this paper we algorithm and method of calculation of the temperature dependence of the work function of the oxide cathode. Lab consists of three separate parts: theoretical modeling and controlling where on the basis set out in the first two parts, is given the task of carrying out an independent computer experiment.

Keywords: oxide, cathode, work function, model, algorithm.

В статье представлена разработанная авторами компьютерная лабораторная работа на тему «Моделирование и компьютерный расчет работы выхода оксидного катода», которая способствует формированию у обучающихся представлений о процессах, происходящих в электродных покрытиях электровакуумных и газоразрядных приборов.

Лабораторная работа состоит из трех частей: теоретической, моделирующей и контролирующей, в которых на основании изложенного в первых двух частях, дается самостоятельное задание по проведению компьютерного эксперимента.

Одним из важнейших параметров катода при расчете и создании высокоэффективных разрядных ламп является работа выхода.

Моделирование и компьютерный расчет параметров катода позволяют сократить время проведения расчетов, повысить точность результатов, изменять входные данные при реализации алгоритма.

Теоретическая часть. Полупроводниковая модель оксидного катода (ОК) рассмотрена в работе [1]. В этой модели объяснение температурной зависимости работы выхода оксидного катода ограничивалось учетом положения уровня Ферми в объеме полупроводника. Кроме того, эмиссионные характеристики ОК существенно зависят от адсорбции атомов щелочноземельных металлов на его поверхности [2]. Поверхностные уровни донорного типа, образованные примесными атомами, создают на поверхности ОК заряд, который приводит к искривлению зон полупроводника. Модель электронного невырожденного полупроводника с шириной запрещенной зоны E_3 , глубиной залегания донорных уровней в объеме E_d , на поверхности E_n (Рисунок 1), рассмотрена в работе [2].

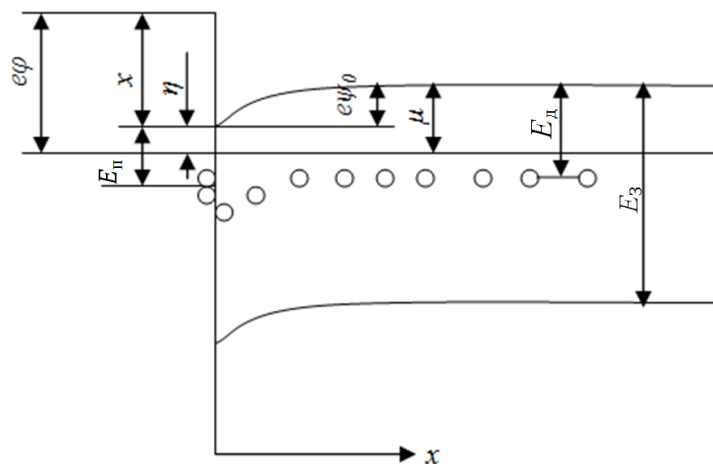


Рис. 1. Зонная схема приповерхностного слоя оксидного катода

Установим зависимость работы выхода оксидного катода при следующих допущениях: 1) работа выхода оксидного катода не зависит от содержания примесей в керне; 2) при расчете работы выхода ОК не учитывается неоднородность поверхности оксидного покрытия; 3) оксидный катод имеет максимальную термоэлектронную эмиссию.

Допущения 1 и 2 справедливы при полном разложении карбонатов щелочноземельных металлов в процессе термовакуумной обработки и активи-

ровки катода. Как известно роль материала керна в процессе активирования катода сводится к ускорению процесса формирования оксидов нестехиометрического состава, что способствует повышению его эмиссионной активности и долговечности катода [3].

Допущение 3 справедливо при оптимальном составе оксидного покрытия. В производстве электровакуумных и газоразрядных приборов обычно используются оксиды щелочноземельных металлов $[\text{BaO}]:[\text{SrO}]:[\text{CaO}] \approx 50:40:10$ мол. %. Такие покрытия обладают наиболее высокими эмиссионными свойствами [3].

Как известно, полная работа выхода оксида складывается из энергии Ферми и энергии электронного сродства согласно формуле (1):

$$e\varphi = \mu + \chi. \quad (1)$$

Энергия Ферми, входящая в (1), рассчитана по формуле [3]:

$$\mu = kT \ln \left(\frac{N_c}{n_d} \right), \quad (2)$$

где N_c – эффективная плотность состояний в зоне проводимости.

Эффективная плотность состояний определяется известным соотношением (3):

$$N_c = 2 \left(\frac{2\pi m k T}{\hbar^2} \right)^{\frac{3}{2}}. \quad (3)$$

Подставляя в (1) соотношения (2) и (3) получим выражение для расчета работы выхода катода без учета изгиба зон:

$$e\varphi = \chi + kT \ln \left(\frac{2 \left(\frac{2\pi m k T}{\hbar^2} \right)^{\frac{3}{2}}}{n_d} \right). \quad (4)$$

Уравнение (4) учитывает наличие донорных уровней в объеме кристалла.

При адсорбции атомов щелочноземельных металлов на поверхности оксидного слоя происходит изменение работы выхода на величину $e\psi_0$, равную изгибу зон полупроводника. Работа выхода ОК в этом случае определяется выражением:

$$e\varphi = \mu - e\psi_0 + \chi, \quad (5)$$

где $e\psi_0$ – искривление зон полупроводника.

Величина $e\psi_0$ может быть определена из уравнения (6):

$$\left\{ \frac{\varepsilon k T}{8\pi e} \left[n_e \left(e^{\frac{e\psi_0}{kT}} - 1 \right) - \frac{n_d e\psi_0}{kT} + n_d \ln \frac{1 + e^{\frac{E_d - \mu_d + e\psi_0}{kT}}}{1 + e^{\frac{E_a - \mu_d}{kT}}} \right] \right\}^{1/2} = \frac{N_{\Pi}}{1 + e^{\frac{E_{\Pi} - \mu_d + e\psi_0}{kT}}}, \quad (6)$$

где μ_d – локальный уровень Ферми, E_p – глубина залегания донорных уровней на поверхности оксида, N_p – концентрация поверхностных доноров.

Входящее в (6) выражение μ_d для локального уровня Ферми приведено в неявном виде в работе [2] и имеет вид (7):

$$\frac{2}{\hbar^3} \left(\frac{mkT}{2\pi} \right)^{\frac{3}{2}} \exp\left(\frac{-\mu_d}{kT}\right) = \frac{n_d}{1 + e^{\frac{E_d - \mu_d}{kT}}} \quad (7)$$

Для нахождения μ_d из (7) использовался метод замены переменных, который позволяет свести данное уравнение к квадратному уравнению. Из него найдено выражение для локального уровня Ферми μ_d :

$$\mu_d = -kT \ln \left[\frac{\left(1 + 4 \exp(E_d/kT) \left(n_d / \frac{2}{\hbar^3} \left(\frac{mkT}{2\pi} \right)^{3/2} \right)^{1/2} \right)^2 - 1}{2 \exp(E_d/kT)} \right]. \quad (8)$$

Входящая в уравнение (6) концентрация n_e электронов на уровне донорной примеси полупроводника рассчитана по формуле [4]:

$$n_e = \frac{n_d}{\frac{1}{2} e^{(E_d - \mu_d)/kT} + 1}. \quad (9)$$

Поверхностная и объемная концентрации доноров связаны между собой известным соотношением (10) [2]:

$$N_p = n_d^{2/3}. \quad (10)$$

Подставляя в (5) выражение (2), а также результат численного решения уравнения (6) для $e\psi_0$, получим выражение для расчета температурной зависимости работы выхода ОК с учетом изгиба зон:

$$e\varphi = \chi + kT \ln \left(\frac{2 \left(\frac{2\pi mkT}{\hbar^2} \right)^{\frac{3}{2}}}{N_d} \right) - e\psi_0. \quad (11)$$

Следует отметить, что входящие в уравнение (6) и (11) параметры глубина залегания доноров в объеме E_d и на поверхности оксида E_p , концентрации объемных n_d и поверхностных доноров N_p , энергия электронного сродства χ , температура T могут изменяться в широких пределах. Они определяются свойствами используемых материалов при изготовлении оксидных катодов.

Учитывая физические параметры, применяемые при изготовлении оксидных катодов, можно распространить эту модель на материалы катодов с

различным составом оксидных покрытий. Для простоты расчета принимаем мало зависящими от температуры концентрацию объемных и поверхностных доноров, а также энергию электронного средства [2].

У поверхности кристалла оксида могут существовать поверхностные состояния донорного и акцепторного типов [5; 6]. Наиболее выраженное воздействие на параметры катода будет оказывать избыток бария, входящий в состав оксида, особенно при высоких температурах катода.

Таким образом, изгиб зон полупроводника происходит при напылении на поверхность оксидного слоя достаточного количества атомов бария.

Моделирующая часть. На основе приведенной математической модели работы выхода ОК возможно выполнить расчет температурной зависимости работы выхода и электропроводности бариевого катода

Расчет работы выхода осуществлялся без учета и с учетом изгиба зон. На рис. 2 приведена схема алгоритма расчета работы выхода.

Алгоритм составлен на основе выражений: локального уровня Ферми (8), концентрации электронов (9), концентрации доноров (10), полной работы выхода (11), и уравнения расчета изгиба зон (6). Составлена программа расчета работы выхода на основании приведенного алгоритма (рис. 2).

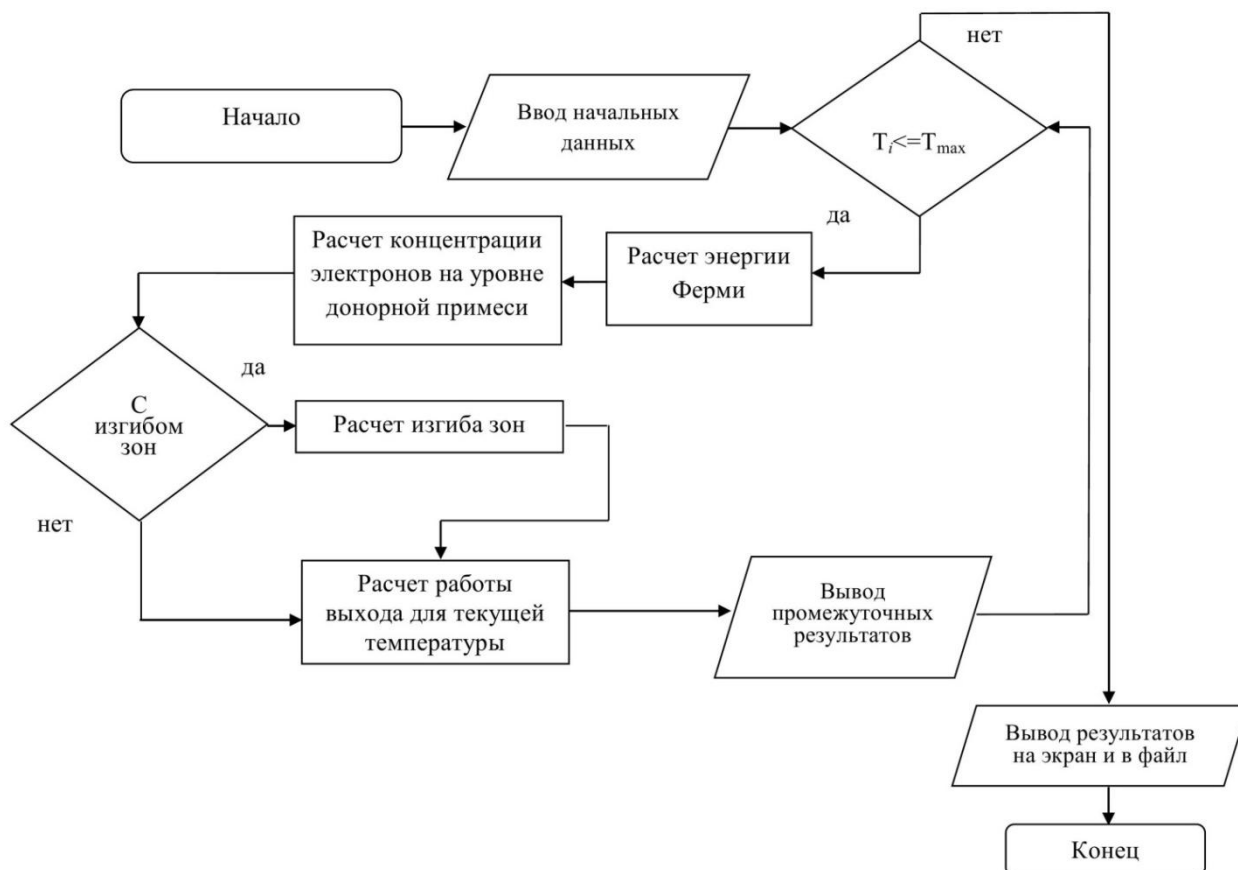


Рис. 2. Схема алгоритма расчета работы выхода оксидного катода

Алгоритм расчета работы выхода бариевого катода включает следующие этапы:

- 1) ввод начальных данных: $T, n_d, \chi, E_d, E_n, E_a, N_n$;
- 2) расчет энергии Ферми по (2) и концентрации электронов на уровне донорной примеси по (9);
- 3) расчет изгиба зон полупроводника по (6);
- 4) расчет работы выхода по формулам (4), (11);
- 5) вывод результатов полученных параметров для текущей температуры;
- б) проверка условия вхождения температуры ОК в заданный температурный интервал.

Проверка условия: если значение температуры входит в заданный температурный интервал, то повторяются этапы расчета 2–6. Если значение температуры выходит за пределы интервала, то алгоритм завершает свою работу, результаты сохраняются в файле.

По полученным данным строятся зависимости работы выхода катода от температуры.

Выполним расчет работы выхода оксида бария без учета изгиба зон с использованием алгоритма (рис. 2).

При выполнении расчета используются следующие параметры: $n_d = 10^{21} \text{ м}^{-3}$, $\chi = 0,6 \text{ эВ}$ температура в интервале от 500 до 1000 К [3].

В таблице 1 приведено, сопоставление результатов расчета по алгоритму (рис. 2) с экспериментальными данными работы [8].

Таблица 1

Расчетные значения работ выхода оксида бария без учета изгиба зон

Температура катода, К	Расчет, эВ	Эксперимент [8], эВ	Относительная погрешность δ , %
500	1,31	1,75	25,1
600	1,46	1,83	20,2
700	1,62	1,90	14,7
800	1,78	1,98	10,1
900	1,94	2,06	5,8
1000	2,10	2,14	1,8

Из таблицы 2 следует, что относительная погрешность при температуре 500 К составляет менее 26 %, тогда как при температуре 1000 К погрешность менее 2 %.

Для расчета температурной зависимости работы выхода бариевого катода с учетом изгиба зон с целью дополнительного подтверждения адекватности приведенной методики расчет проводится по алгоритму в интервале температур от 500 до 1000 К со следующими данными: $E_d = 1,2 \text{ эВ}$, $E_n = 0,9 \text{ эВ}$, $E_a = 0,5 \text{ эВ}$, $n_d = 10^{21} \text{ м}^{-3}$, $\chi = 0,6 \text{ эВ}$, $\varepsilon = 5$.

Результаты расчета и их сопоставление с экспериментальными данными приведены на рис. 3 и сведены в таблицу 2.

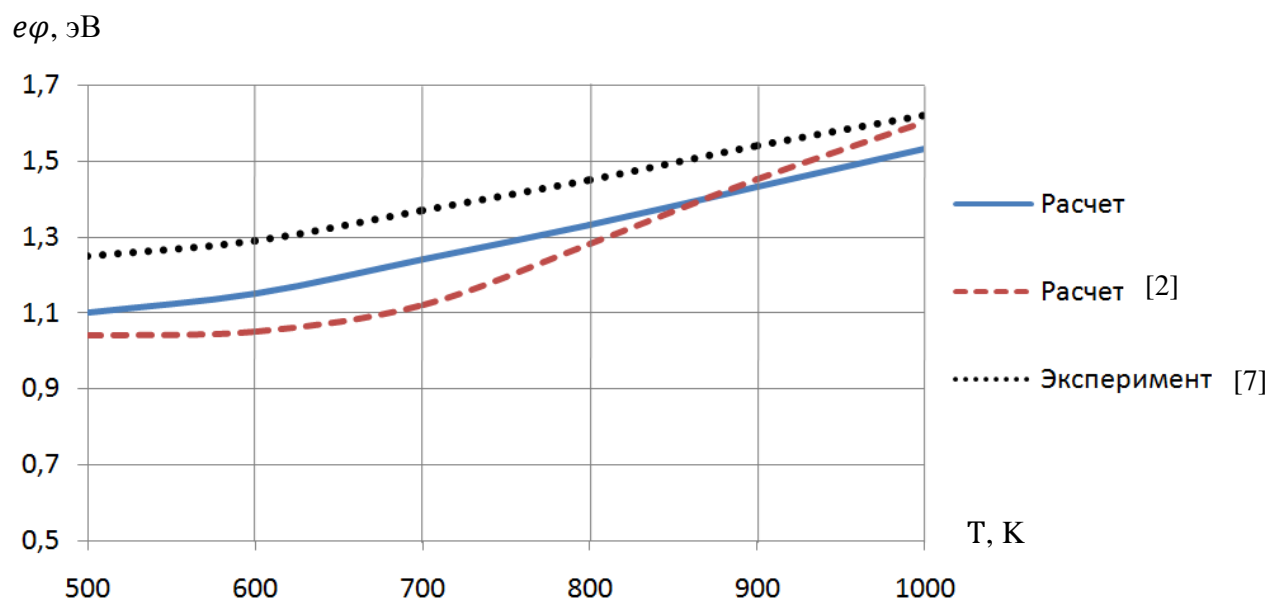


Рис. 3. Расчетная и экспериментальная зависимости работы выхода бариевого катода с учетом изгиба зон от температуры

Из рис. 3 следует, что ход расчетной зависимости работы выхода аналогичен экспериментальной [7]. Максимальное расхождение между расчетными и экспериментальными данными [7] при $T = 500$ К не превышает 12 %. Следует также отметить, что результаты компьютерного расчета $e\varphi$ с учетом изгиба зон также согласуются с данными, приведенными в работе [2] (максимальное расхождение не превышает 14 %).

Таблица 2

Расчетные и экспериментальные значения работ выхода оксида бария с учетом изгиба зон

Температура катода, К	Расчет с изгибом зон, эВ	Изгиб зон $e\psi_0$, эВ	Эксперимент [7], эВ	Относительная погрешность δ , %
500	1,10	0,22	1,25	12,0
600	1,12	0,34	1,30	13,8
700	1,20	0,41	1,39	13,6
800	1,30	0,48	1,45	10,3
900	1,39	0,55	1,53	9,1
1000	1,50	0,62	1,60	6,2

Из таблицы 2 следует, что при $T = 500$ К расчетное значение работы выхода составляет 1,10 эВ, тогда как ее экспериментальное значение 1,25 эВ. Относительная погрешность при этом равна 12 %.

При $T = 1000$ К работа выхода равна 1,50 эВ, а ее экспериментальное значение 1,6 эВ. В этом случае относительная погрешность составляет 6,2 %. За счет изгиба зон работа выхода ОК снижается на 0,62 эВ.

Расхождение между расчетными и экспериментальными данными обусловлено тем, что при выполнении расчетов работы выхода с изгибом и без

изгиба зон, значения параметров E_d , E_p , n_d , N_p , χ принимались нами независящими от температуры. Таким образом, согласованность результатов расчета работы выхода с экспериментальными данными без учета и с учетом изгиба зон подтверждает правильность предложенной методики компьютерного расчета работы выхода оксидного катода.

Контролирующая часть содержит контрольное задание для моделирования.

1. Выполнить компьютерный расчет работы выхода катода с покрытием (BaSrCa)O используя алгоритм, приведенный на рисунке 2 при следующих значениях: $E_d = 1,2$ эВ, $E_p = 0,9$ эВ, $E_a = 0,5$ эВ, $n_d = 10^{21}$ м⁻³, $\chi = 0,6$ эВ, $\epsilon = 25$. температура в интервале от 500 до 1200 К. Построить зависимость работы выхода от температуры.

2. Сопоставить температурные зависимости работы выхода катодов (BaSrCa)O и BaO. Проанализировать полученные результаты.

Разработанная лабораторная работа может быть использована при изучении дисциплин «Электронная техника», «Электрические явления в вакууме и газах», «Физика твердого тела».

Список использованных источников

1. Zalm, P. Thermoionic cathodes. Advan. Electron Electron. Phys. / P. Zalm. – 1968. – V. 25. – P. 211–275.
2. Князев, А. Я. Влияние поверхности на работу выхода и электропроводность оксидного катода / А. Я. Князев // Электронная техника. Сер.1. Электроника СВЧ. – 1972. – № 9. – С. 54–66.
3. Никонов, Б. П. Оксидный катод / Б. П. Никонов. – М. : Энергия. – 1979. – 240 с.
4. Шалимова, К. В. Физика полупроводников / К. В. Шалимова. – М. : Энергоатомиздат. – 1985. – 392 с.
5. Levine, J. D. Theory and observation of intrinsic surface states on ionic crystals / J. Levine, P. Mark // Phys. Rev. – 1968. – V. 144. – № 2. – P. 751.
6. Levine, J. D. The nature of surface state on III–V and II–VI semiconductors / J. Levine // Journ. Vac. Sci. and Techn. – 1969. – V. 6. – № 5. – P. 5499.
7. Никонов, Б. П. Эмиссионные и адсорбционные свойства систем BaO–Ba, SrO–Ba, CaO–Ba / Б. П. Никонов, К. С. Бейнар // Радиотехника и электроника. – 1965. – Т. 10. – № 3. – С. 476–482.
8. Соколов, А. М. Исследование процессов активирования и дегазации свойств оксидного катода в процессе работы. Ч. I. Процессы формирования активированного катода. Режим откачки и тренировки / А. М. Соколов, Б. П. Никонов // Электронная техника. Сер. 1. Электроника СВЧ. – 1982. – Вып. 2(338). – С. 44–52.
9. Свешников, В. К. Компьютерный расчет работа выхода оксида бария в электрическом поле / В. К. Свешников, А. Ф. Базаркин // Учебный эксперимент в образовании. – 2014. – № 2 (70). – С. 86–91.

References

1. Zalm P. Thermoionic cathodes. Advan. Electron Electron. Phys. 1968, V. 25, pp. 211–275.
2. Knyazev A. I. Effect of the surface on the work function and electrical conductivity of the oxide cathode. Electronic Engineering, Microwave Electronics, 1972, No. 9, pp. 54–66.
3. Nikonov B. P. Oxide cathode. Moscow, Energy, 1979, 240 p.
4. Shalimova K. V. Semiconductor Physics. Moscow, Energoatomizdat, 1985, 392 p.

5. Levine J. D. Theory and observation of intrinsic surface states on ionic crystals. Phys. Rev., 1968, V. 144, No. 2, pp. 751.
6. Levine J. D. The nature of surface state on III–V and II–VI semiconductors. Journ. Vac. Sci. and Techn. ,1969, V. 6 , No. 5, pp. 5499.
7. Nikonov B. P., Bejnar K. S. Emission and adsorption properties of the system BaO-Ba, SrO-Ba, CaO-Ba. Technology and Electronics, 1965, V. 10, No. 3, pp. 476–482.
8. Sokolov A. M., Nikonov B. P. Investigation of activation and decontamination properties of the oxide cathode in the process. Part I. The formation of activated cathode. Pumping mode and workout. Electronic Engineering. Ser. 1. Microwave Electronics, 1982, Vol. 2 (338), pp. 44–52.
9. Sveshnikov V. K., Bazarkin A. F. Computer calculation of the work function of barium oxide in an electric field. Uchebnyi experiment v obrazovanii, 2015, No. 2 (74), pp. 86–91.

Поступила 07.10.15 г.

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 535.37(045)
ББК 22.345

Банишев Александр Федорович

доктор физико-математических наук
Федеральное Государственное бюджетное учреждение науки
Институт проблем лазерных и информационных технологий
Российской академии наук, г. Шатура, Россия
banishev@mail.ru

Банишев Александр Александрович

кандидат физико-математических наук
Федеральное Государственное бюджетное учреждение науки
Институт проблем лазерных и информационных технологий
Российской академии наук, г. Москва, Россия

ОБСУЖДЕНИЕ МЕХАНИЗМОВ ФОТОЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ И МЕХАНОЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ МЕЛКОДИСПЕРСНОГО ПОРОШКА ЛЮМИНОФОРА $\text{SrAl}_2\text{O}_4:(\text{Eu}^{2+}, \text{Dy}^{3+})^*$

Аннотация. Исследовалась механолюминесценция водной суспензии мелкодисперсного порошка люминофора $\text{SrAlO}_4:(\text{Eu}^{2+}, \text{Dy}^{3+})$ в процессе кристаллизации при быстром охлаждении в жидком азоте. Исследовалась фото- и механолюминесценция микрочастиц люминофора $\text{SrAlO}_4:(\text{Eu}^{2+}, \text{Dy}^{3+})$ в матрице фотополимера при изменении температуры от комнатной до температуры жидкого азота. На основании полученных экспериментальных результатов обсуждается механизм возбуждения фото- и механолюминесценции люминофора $\text{SrAlO}_4:(\text{Eu}^{2+}, \text{Dy}^{3+})$.

Ключевые слова: фотолюминесценция, механолюминесценция, мелкодисперсный порошок $\text{SrAl}_2\text{O}_4:(\text{Eu}^{2+}, \text{Dy}^{3+})$, полимер, композитный материал, низкие температуры.

Banishev Alexander Fedorovich

Doctor of physico-mathematical Sciences
Institute on Laser and Information Technologies RAS, Shatura, Russia

Banishev Alexander Alexandrovich

Candidate of physico-mathematical Sciences
Institute on Laser and Information Technologies RAS, Shatura, Russia

DISCUSSION OF THE MECHANISMS OF PHOTOLUMINESCENCE AND MECHANOLUMINESCENCE FINE POWDER PHOSPHOR $\text{SrAl}_2\text{O}_4:(\text{Eu}^{2+}, \text{Dy}^{3+})$

* Научное исследование выполнено в рамках проекта Российского фонда фундаментальных исследований (Грант № 13-03-00299).

Abstract. The mechanoluminescence of fine powder phosphor $\text{SrAlO}_4: (\text{Eu}^{2+}, \text{Dy}^{3+})$ in water solution investigated in the process of crystallization by rapid cooling in the liquid nitrogen. It was investigated the photo- and mechanoluminescence micro-particles of phosphor $\text{SrAlO}_4: (\text{Eu}^{2+}, \text{Dy}^{3+})$ in the matrix of photopolymer when the temperature changes from room temperature to the temperature of liquid nitrogen. Based on the experimental results, we discuss the mechanism of excitation of photo- and mechanoluminescence phosphor $\text{SrAlO}_4: (\text{Eu}^{2+}, \text{Dy}^{3+})$.

Keywords: photoluminescence, mechanoluminescence, fine powder $\text{SrAl}_2\text{O}_4: (\text{Eu}^{2+}, \text{Dy}^{3+})$, polymer, composite material, low temperature.

Механолюминесценция (МЛ) – это способность материалов люминесцировать (светиться) в результате пластической деформации, возникающей при воздействии механических напряжений (например, при изгибе, сжатии, ударе, вибрации и т. д.) К настоящему времени известно большое количество материалов, в которых проявляется свойство механолюминесценции. При одинаковых условиях воздействия интенсивность механолюминесценции разных материалов может отличаться на порядки. Известны материалы с высоким выходом механолюминесценции. Примером такого материала является люминофор ZnS:X , (где $X = \text{Mn}, \text{Cu}, \text{Al}$). В последнее время проявляется заметный интерес к исследованиям механолюминесценции щелочно-земельных алюминатов с примесью редкоземельных элементов, например алюминатов стронция (кальция) $\text{Sr}(\text{Ca})\text{AlO}_4: (\text{Eu}^{2+}, \text{Dy}^{3+})$. Эти алюминаты (люминофоры длительного послесвечения) составляют важный класс фосфоресцирующих материалов, которые имеют высокую квантовую эффективность и длительность свечения в видимой области спектра, хорошую стабильность, термическую и радиационную стойкость [1–4] и обладают ярко выраженным свойством механолюминесценции. Это определило ряд новых возможностей практического использования этих материалов, в частности в качестве сенсорных элементов механических воздействий [4–9].

В последнее время появились работы, в которых механолюминесцентные свойства нано-микрочастиц $\text{SrAl}_2\text{O}_4: (\text{Eu}^{2+}, \text{Dy}^{3+})$ предлагается использовать для активации фотокатодических процессов в тех участках вещества куда невозможен подвод излучения (света) [10].

Несмотря на практический интерес к этим материалам, физико-химические свойства этих материалов недостаточно изучены. К настоящему времени нет единого мнения относительно механизма возбуждения механолюминесценции $\text{SrAl}_2\text{O}_4: (\text{Eu}^{2+}, \text{Dy}^{3+})$. Нет убедительных данных о положении уровней энергии ионов активатора Eu^{2+} и ловушек в запрещенной зоне, не установлен тип ловушек – электронные это ловушки или дырочные.

В данной работе представлены результаты исследования низкотемпературной фотолюминесценции (ФЛ) и механолюминесценции (МЛ) мелкодисперсного порошка люминофора $\text{SrAl}_2\text{O}_4: (\text{Eu}^{2+}, \text{Dy}^{3+})$ в матрице фотополимера. Исследовалась механолюминесценция микрочастиц люминофора в водном растворе при кристаллизации жидкости (при фазовом переходе I рода жидкость-кристалл). Обсуждаются механизмы возбуждения ФЛ и МЛ указанных материалов.

Для исследования были приготовлены композитные материалы на основе прозрачной в видимой области спектра фотополимеризующейся смолы и мелкодисперсного поликристаллического порошка люминофора $\text{SrAl}_2\text{O}_4:(\text{Eu}^{2+}, \text{Dy}^{3+})$ ($\text{Eu}^{2+} \approx 2\%$, $\text{Dy}^{3+} \approx 3,5\%$, размеры частиц от 0,5 до 30 мкм). Готовилась суспензия из порошка и фотополимеризующейся смолы в весовом соотношении один к трем. Фотополимеризующая смола включала (мет)акриловые олигомеры и фотоиницирующую систему, содержащую смеси радикальных инициаторов и восстановителей. Под действием УФ излучения такая смола хорошо фотополимеризуется с образованием твердого полимера. Тонкий слой жидкой суспензии 1 (рис. 1) наносили на металлическую подложку 2 диаметром $d \approx 3$ см и толщиной $h \approx 100\text{--}200$ мкм. Сверху, жидкую суспензию 1 накрывали стеклянной пластинкой 3 диаметром $d \approx 3$ см, и толщиной $h \approx 1$ мм. Для задания определенной толщины слоя суспензии, между металлической подложкой и стеклянной пластинкой предварительно устанавливали кольцевую прокладку толщиной $h \approx 200\text{--}300$ мкм. Затем, подложка с жидкой суспензией (образец) в течение $t \approx 10$ минут облучались УФ излучением ртутной лампы. В результате фотополимеризации суспензии на поверхности подложки формировался твердый слой композитного материала толщиной 200–300 мкм. Полученная таким образом композитная пленка на металлической подложке устанавливалась в светоизолирующую камеру так, что пленка оказывалась внутри камеры т. е. была светоизолирована, а металлическая подложка была с внешней стороны камеры и выходила в ванную (рис. 1). В ванную можно было заливать жидкий азот и быстро охлаждать пленку до температуры жидкого азота.

В работе исследовались фотолюминесценция и механолюминесценция полученных композитных материалов. Исследования проводились при комнатной температуре ($T \approx 293\text{K}$) и при температуре жидкого азота ($T \approx 77\text{K}$). Схема экспериментальной установки показана на рис. 1.

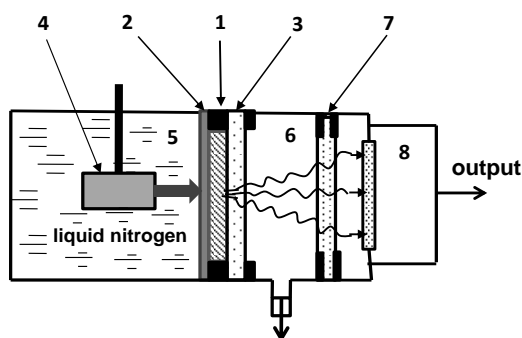


Рис. 1. Схема экспериментальной установки: 1 – механолюминесцирующая пленка, 2 – металлическая подложка, 3 – стеклянная пластинка, 4 – механический ударник, 5 – ванная с жидким азотом, 6 – светоизолированная вакуумная камера, 7 – выходное окно, 8 – фотоумножитель

Возбуждение фотолюминесценции осуществлялось излучением гелий-кадмиевого лазера ($\lambda = 327$ нм). Возбуждение МЛ проводилось в результате

воздействия импульсных механических напряжений при ударе и в результате сжимающих напряжений при кристаллизации жидкости. Для создания механических напряжений использовался механический пружинный ударник с коническим наконечником, установленный непосредственно в ванной с жидким азотом со стороны подложки.

Регистрация сигналов фотолюминесценции и механолюминесценции проводилась с помощью фотоумножителя видимого спектрального диапазона установленного со стороны пленки на расстоянии $l \approx 5\text{--}6$ см.

На рис. 2 показаны изменения интенсивности свечения люминофора $\text{SrAl}_2\text{O}_4:(\text{Eu}^{2+}, \text{Dy}^{3+})$ в процессе охлаждения в жидком азоте. Как видно из рисунка по мере понижения температуры интенсивность люминесценции быстро падает и при азотной температуре принимает минимальное значение. Подобное поведение люминесценции в целом согласуется с общепринятым механизмом длительного послесвечения люминофоров.

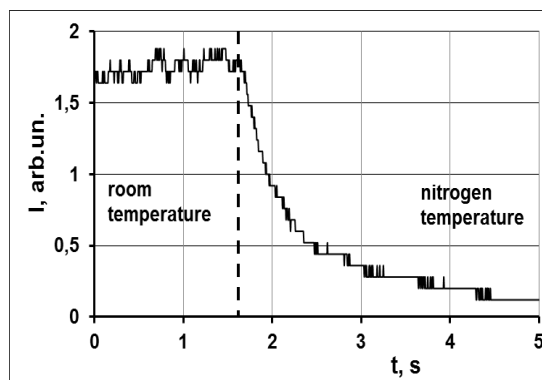


Рис. 2. Температурная зависимость фотолюминесценции $\text{SrAl}_2\text{O}_4:(\text{Eu}^{2+}, \text{Dy}^{3+})$

Согласно этому механизму в люминофорах существуют ловушки (электронов или дырок) которые способны накапливать световую энергию т. е. захватывать носители заряда генерируемые в результате фотовозбуждения центров свечения люминофора.

Ловушками являются примеси и (или) дефекты, уровни энергии которых $E_{n,p}$, как правило, расположены в запрещенной зоне вблизи дна зоны проводимости (электронные ловушки, E_n – отсчитывается от дна зоны проводимости), или вблизи потолка валентной зоны (дырочные ловушки, E_p – отсчитывается от потолка валентной зоны). Согласно результатам, опубликованным в работах [11–15], в люминофоре $\text{SrAl}_2\text{O}_4:(\text{Eu}^{2+}, \text{Dy}^{3+})$ примеси Dy^{3+} и структурные дефекты образуют дырочные ловушки, а интенсивность и длительность фосфоресценция определяется термоактивацией дырочных ловушек.

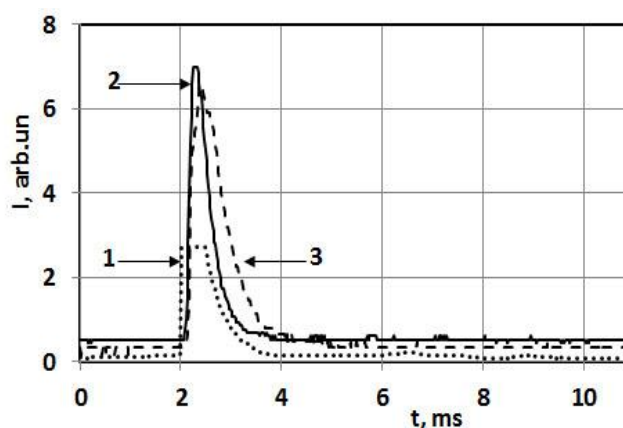


Рис. 3. 1 – форма механического удара, 2 – механолюминесценция $\text{SrAl}_2\text{O}_4:(\text{Eu}^{2+}, \text{Dy}^{3+})$ при комнатной температуре, 3 – механолюминесценция $\text{SrAl}_2\text{O}_4:(\text{Eu}^{2+}, \text{Dy}^{3+})$ при температуре жидкого азота

На рис. 3 показан сигнал МЛ при комнатной температуре и при температуре жидкого азота. Видно, что в отличие от фосфоресценции, интенсивность механолюминесценции при понижении температуры не падает, а остается сравнимой с интенсивностью при комнатной температуре. Этот результат показывает, что механическое воздействие приводит к смещению энергетических уровней и уменьшению глубины ловушек.

Уровни ловушек расположены над валентной зоной. При механическом воздействии они смещаются в сторону валентной зоны и тогда могут иметь место туннельные переходы носителей (дырок) с уровней ловушек в валентную зону и их излучательная рекомбинация с электронами возбужденных, метастабильных уровней ионов европия.

Как нам представляется, причиной смещения уровней является взаимодействие ловушек с достаточно сильными дальнедействующими электрическими полями движущихся заряженных дислокаций. Движение дислокаций активируется в результате сдвиговых напряжений при механическом воздействии (ударе, деформации и т. д.).

Известно, что деформация поликристаллических и спрессованных мелкодисперсных материалов осуществляется в основном за счет движения зернограничных дислокаций, а деформация микрочастиц за счет двойникования и движения дислокаций на границах двойников.

Именно с движущимися дислокациями связаны большие локальные электрические поля, способные смещать уровни примесей и дефектов. Поэтому мы считаем, что смещение уровней примесей и дефектов связано с движением зернограничных дислокаций.

В работе [11] достаточно подробно механизм возбуждения механолюминесценции с участием подвижных дислокаций.

На рис. 4 показана механолюминесценция возникающая при кристаллизации водной суспензии мелкодисперсного порошка люминофора $\text{SrAl}_2\text{O}_4:(\text{Eu}^{2+}, \text{Dy}^{3+})$ в полностью заполненной и плотно закрытой капсуле. Капсула имеет выходное окно для вывода излучения.

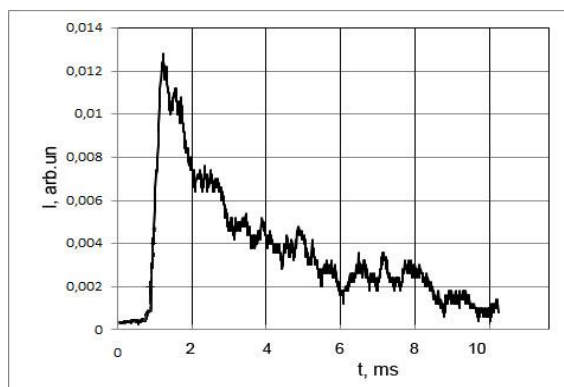


Рис. 4. Механолюминесценция при кристаллизации водной суспензии порошка $\text{SrAl}_2\text{O}_4:(\text{Eu}^{2+}, \text{Dy}^{3+})$

При быстром охлаждении и кристаллизации жидкой суспензии возникают скачки давления. Механолюминесценция возбуждается в результате скачкообразного всестороннего сжатия микрочастиц люминафора. Механизм возбуждения МЛ вероятно отличается от описанного выше при ударе. Для его уточнения требуются дальнейшие исследования.

Список использованных источников

1. Frederic, C. On the phosphorescence mechanism in $\text{SrAl}_2\text{O}_4:\text{Eu}^{2+}$ and its codoped derivatives / Frederic Clabau, Xavier Rocquefelte, Stephane Jobic, et al.,. *Solid State Sciences*, 2007. – Vol. 9. – P. 608–612.
2. Азаров, А. Д. Светозапасующие люминофоры сверхдлительного послесвечения / А. Д. Азаров, В. А. Большухин, Т. В. Евдокимова и др. // *Электронная промышленность*, 2006. – № 1. – С. 24–28.
3. Li, C. Dynamic visualization of stress distribution on metal by mechano-luminescence images / C. Li // *Journal of Visualization*, 2008. – Vol. 11. – No. 4. – Pp. 329–335.
4. Chandra, V. K. Dynamics of the mechanoluminescence induced by elastic deformation of persistent luminescent crystals / V. K. Chandra, B. P. Chandra // *Journal of Luminescence*, 2012. – Vol. 132. – Pp. 858–869.
5. Dorenbos, P. Mechanism of Persistent Luminescence in Eu^{2+} and Dy^{3+} Codoped Aluminate and Silicate Compounds / P. Dorenbos // *Journal of The Electrochemical Society*. – 2005. – Vol. 152, – Pp. H107–H110.
6. Chao-Nan Xu, Hiroshi Yamada, Xusheng Wang and Xu-Guang Zheng, Strong elastoluminescence from monoclinic-structure SrAl_2O_4 / Xu Chao-Nan, Yamada Hiroshi, and ect. // *Applied Physics Letters*. – 2004. – Vol. 84. – No. 16. – Pp. 3040–3042.
7. Clabau, F. Mechanism of Phosphorescence Appropriate for the Long-Lasting Phosphors Eu^{2+} -Doped SrAl_2O_4 with Codopants Dy^{3+} and B^{3+} / F. Clabau, X. Rocquefelte, Jobic S. and ect. // *Chemistry of Materials*. – 2005. – Vol. 17. – Pp. 3904–3912.
8. Morito, Akiyama Intense visible light emission from $\text{Sr}_3\text{Al}_2\text{O}_6:(\text{Eu}^{2+}, \text{Dy}^{3+})$ / Morito Akiyama Watanabe // *Applied Physics Letters*, 1998. – Vol. 73. – No. 21. – Pp. 3046–3048
9. Chao-Nan, Xu Direct view of stress distribution in solid by mechanoluminescence / Chao-Nan Xu // *Applied Physics Letters*, 1999. – Vol. 74. – No. 17. – Pp. 2414–2416.
10. Matsuo, H. Phase transformation behavior and pseudoelastic deformation in SrAl_2O_4 / H. Matsuo, K. Ikeda // *Journal of Alloys and Compounds*, 2013. – Vol. 577. – Pp. S507–S516.
11. Банишев, А. Ф. Механолюминесценция и фотолуминесценция мелкодисперсных порошков и пленок на основе твердых растворов $\text{SrAl}_2\text{O}_4:(\text{Eu}^{2+}, \text{Dy}^{3+})$ / А. Ф. Банишев,

А. А. Банишев, В. А. Большухин // Физика и химия обработки материалов, 2010. – № 2. – С. 60–65.

12. Банишев, А. Ф. Исследование фотолюминесценции и механолюминесценции мелкодисперсного порошка $\text{SrAl}_2\text{O}_4:(\text{Eu}^{2+}, \text{Dy}^{3+})$ в матрице фотополимера / А. Ф. Банишев, А. А. Банишев, А. А. Лотин // Физика и химия обработки материалов, 2012. – № 5. – С. 89–92.

13. Banishev A. F. Deformation stimulated luminescence of polymer film induced by pulsed mechanical stresses / A. F. Banishev, A. A. Banishev // Physics Letters A, 2011. – Vol. 375. – No. 28. – Pp. 2767–2769.

14. Banishev, A. A. Low temperature photoluminescence and deformation luminescence of microparticles $\text{SrAl}_2\text{O}_4:(\text{Eu}^{2+}, \text{Dy}^{3+})$ in a matrix of photopolymer / A. A. Banishev, A. A. Lotin, A. F. Banishev // International Journal of Modern Physics B, 2014. – Vol. 28, No. 23. – Pp. 14501541–14501548.

15. Банишев, А. Ф. Низкотемпературная фотолюминесценция и механолюминесценция композиционного материала на основе фотополимеризующейся смолы и мелкодисперсного порошка люминофора $\text{SrAl}_2\text{O}_4:(\text{Eu}^{2+}, \text{Dy}^{3+})$ / А. Ф. Банишев, А. А. Банишев // Физика и химия обработки материалов, 2015. – № 5. – С. 60–65.

References

1. Clabau F., Rocquefelte X., Jobic S. et.al., On the phosphorescence mechanism in $\text{SrAl}_2\text{O}_4:\text{Eu}^{2+}$ and its codoped derivatives. Solid State Sciences, 2007, Vol. 9, pp. 608–612.

2. Azarov A. D., Bol'shukhin V. A., Evdokimova T. V., Soshin N. P., Svetozapasayushchie luminafory sverkhdlitel'nogo poslesvecheniya [Light reserving phosphors of extremely long afterglow], Elektronnaya promyshlennost, [Electronics Industry], 2006, No 1, pp. 24–28.

3. Li C., Xu C. N., Zhang L., Yamada H., Imai Y. Dynamic visualization of stress distribution on metal by mechano-luminescence images. Journal of Visualization, 2008, Vol. 11, No. 4, pp. 329–335.

4. Chandra V.K. Dynamics of the mechanoluminescence induced by elastic deformation of persistent luminescent crystals. Journal of Luminescence, 2012, Vol. 132, pp. 858–869.

5. Dorenbos P. Mechanism of Persistent Luminescence in Eu^{2+} and Dy^{3+} Codoped Aluminate and Silicate Compounds. Journal of The Electrochemical Society, 2005, Vol. 152, pp. H107–H110.

6. Xu Chao-Nan, Yamada Hiroshi, Wang Xusheng and Xu-Guang Zheng, Strong elastoluminescence from monoclinic-structure SrAl_2O_4 . Applied Physics Letters, 2004, vol. 84, No. 16, pp. 3040–3042.

7. Clabau F., Rocquefelte X., Jobic S. Mechanism of Phosphorescence Appropriate for the Long-Lasting Phosphors Eu^{2+} -Doped SrAl_2O_4 with Codopants Dy^{3+} and B^{3+} . Chemistry of Materials, 2005, Vol. 17, pp. 3904–3912.

8. Akiyama Morito, Xu Chao-Nan Intense visible light emission from $\text{Sr}_3\text{Al}_2\text{O}_6:(\text{Eu}^{2+}, \text{Dy}^{3+})$ Applied Physics Letters, 1998, vol. 73, No 21, pp. 3046–3048.

9. Xu Chao-Nan, W. Tadahiko Direct view of stree distribution in solid by mechanoluminescence. Applied Physics Letters, 1999, vol. 74, No. 17, pp. 2414–2416.

10. Matsuo H., Ikeda K., Hata S., Nakashima H., Yamada H., Xu C.N., Phase transformation behavior and pseudoelastic deformation in SrAl_2O_4 . Journal of Alloys and Compounds, 2013, Vol. 577, pp. S507–S516.

11. Banishev A.F., Banishev A.A., Bolshukhin V.A., Syrov Yu.V., Khort A.M., Mekhanoluminestsentsiya i fotoluminestsentsiya melkodispersnykh poroshkov I plenok na osnove tverdykh rastvorov $\text{SrAl}_2\text{O}_4:(\text{Eu}^{2+}, \text{Dy}^{3+})$, [Mechanoluminescence and photoluminescence of fine-disperse powders and films on a basis of solid solutions of $\text{SrAl}_2\text{O}_4:(\text{Eu}^{2+}, \text{Dy}^{3+})$], [Phisics and Chemistry of Materials Treatment], 2010, No. 2, pp. 60–65.

12. Banishev A. F., Banishev A. A., Lotin A. A., Issledovanie fotoluminestsentsii i mechanoluminestsentsii melkodispersnogo poroshka $\text{SrAl}_2\text{O}_4:(\text{Eu}^{2+}, \text{Dy}^{3+})$ v matritse fotopoli-

mera. [Investigation of photoluminescence and mechanoluminescence of fine powder SrAl_2O_4 : (Eu^{2+} , Dy^{3+}) in the matrix of photopolymer], Fizika i khimiya obrabotki materialov [Physics and Chemistry of Materials Treatment], 2012, No. 5, pp. 89–92.

13. Banishev A. F., Banishev A. A. Deformation stimulated luminescence of polymer film induced by pulsed mechanical stresses. Physics Letters A, 2011, vol. 375, No. 28, pp. 2767–2769.

14. Banishev A. A., Lotin A. A., Banishev A. F., Low temperature photoluminescence and deformation luminescence of microparticles SrAl_2O_4 : (Eu^{2+} , Dy^{3+}) in a matrix of photopolymer. International Journal of Modern Physics B, 2014, vol. 28, No. 23, pp. 1450154-1–1450154-8.

15. Banishev A. F., Banishev A. A., Low temperature photoluminescence and mechanoluminescence of composite material based on photopolimerising resin and fine – dispersed powder phosphor SrAl_2O_4 : (Eu^{2+} , Dy^{3+}), Fizika i khimiya obrabotki materialov [Physics and Chemistry of Materials Treatment], 2015, No. 5, pp. 60–65.

Поступила 03.05.15 г.

УДК 62-83:004.78
ББК 31.291-018.2

Бабенко Валерий Павлович

кандидат технических наук, доцент

Московский государственный университет информационных технологий,
радиотехники и электроники (МИРЭА), г. Москва, Россия
babenko@mirea.ru

Битюков Владимир Ксенофонович

доктор технических наук, профессор

кафедра теоретической радиотехники и радиофизики
Московский государственный университет информационных технологий,
радиотехники и электроники (МИРЭА), г. Москва, Россия
bitukov@mirea.ru

**ОСОБЕННОСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ ДРАЙВЕРА ДВИГАТЕЛЯ
В СИСТЕМЕ ELECTRONICS WORKBENCH**

Аннотация. Система схемотехнического моделирования Electronics Workbench (EWB) отличается удобным, интуитивно понятным интерфейсом и достаточно широко используется в учебном процессе в высшей школе. В библиотеке пакета математической модели DC Motor имеется возможность исследовать не только электрические свойства схем, но и электромеханические характеристики устройств, работающих совместно с двигателем постоянного тока. В работе рассмотрены схемные решения драйвера двигателя с учетом возможности библиотеки системы Electronics Workbench 5.12, а также продемонстрирована технология создания нового компонента библиотеки – заказной интегральной схемы драйвера двигателя.

Ключевые слова: транзисторный ключ, драйвер, электропривод постоянного тока, схемотехническое моделирование, математическая модель двигателя постоянного тока.

Babenko Valery Pavlovich

Candidate of physico-mathematical Sciences
Department of theoretical radio engineering and radio physics
Moscow State University of Information Technologies, Radioengineering and Electronics
(MIREA), Moscow, Russia

Bitjukov Vladimir Ksenofontovich

Doctor of technical Sciences, Professor
Department of theoretical radio engineering and radio physics
Moscow State University of Information Technologies, Radioengineering and Electronics
(MIREA), Moscow, Russia

SIMULATING OF A MOTOR DRIVER USING ELECTRONICS WORKBENCH

Abstract. The Electronics Workbench (EWB) circuit simulation system has a simple and intuitive user interface. It is widely used at university laboratories training classes. For instance, the library package has a mathematical model of DC Motor allowing to investigate not only the electrical properties of circuits but also electromechanical characteristics of the devices that work jointly with a DC motor. The paper presents circuit designs of a motor-driver using the capacity of the library EWB 5.12. and shows the technology of creating a new library component – integrated circuit motor-driver designated for special tasks.

Keyword: transistor switch, direct current motor driver, circuit simulation, mathematical model of a DC motor.

Программы схемотехнического моделирования, такие как MicroCAP, Design Lab, Circuit Maker, Electronics Workbench (EWB), Multisim и Qucs (Quite Universal Circuit Simulator) широко используются в учебном процессе подготовки специалистов [1–15]. Каждая из программ предназначена для решения определенного круга задач.

В учебной практике высшей школы по радиоэлектронным дисциплинам наиболее часто используются система Electronics Workbench и ее модификация Multisim. Причин этому несколько: простой, интуитивно понятный интерфейс; легкость создания принципиальных электрических схем; возможность пополнения баз компонентов посредством изменения параметров существующих библиотечных элементов; рабочий стол представляет электронную лабораторию, оборудованную контрольно-измерительными приборами, по внешнему виду и характеристикам приближенных к их промышленным аналогам [5]. Системы EWB и Multisim различаются лишь временем выпуска и рядом усовершенствований. Multisim, как и любой профессиональный пакет, достаточно сложен для начинающих, в том числе для студентов, а также требует большего времени для освоения и предъявляет повышенные требования к компьютеру.

Педагогическая практика показывает, что зачастую в практикуме достаточно использовать демонстрационную версию программы EWB, которую можно найти в сети Internet.

Все версии EWB позволяют моделировать не только электрические характеристики схем, но и электромеханические характеристики привода, благодаря наличию в библиотеке математической модели двигателя постоянного тока DC Motor. И если по моделированию аналоговых и цифровых схем имеется обширная литература и богатая практика использования в учебном процессе [2–4; 6–15], то моделирование электромеханических схем встречается реже из-за ограниченности выбора двигателя из библиотеки DC Motor (в стандартной библиотеке присутствует единственный компонент DC Motor Ideal). В некоторой степени возможности программы EWB расширены работами [2; 3; 13], где описана возможность создания модели двигателя, используя традиционные справочные параметры.

В работах [4; 14; 15] представлены результаты схемотехники важнейшего узла современного привода – ШИМ-контроллера на базе библиотечных компонентов. Для полноценного использования EWB в учебных дисциплинах, связанных с электромеханическим приводом, необходимо также пополнить библиотеку номенклатурой устройств управления двигателем.

В данной работе рассмотрена особенность схемотехники устройств управления скоростью и направлением вращения двигателя с учетом возможностей библиотеки системы EWB 5.12, а также проведено исследование электромеханических характеристик электропривода.

Введение

Практически в любом пользовательском электронном устройстве применяются электродвигатели для воздействия на механику этого устройства. Управление электродвигателями существенно упрощают специальные интегральные схемы (ИС) – драйверы. Узел управления двигателем постоянного тока (драйвер) обычно состоит из H-моста на биполярных, MOSFET или IGBT транзисторах и логики управления. Конечно, схемные решения различны в зависимости от типа силовых ключей.

В рамках данной работы рассматривается схемотехника драйверов на биполярных транзисторах. Некоторые схемы включения электродвигателя с соответствующими коммутаторами приведены на рис. 1.

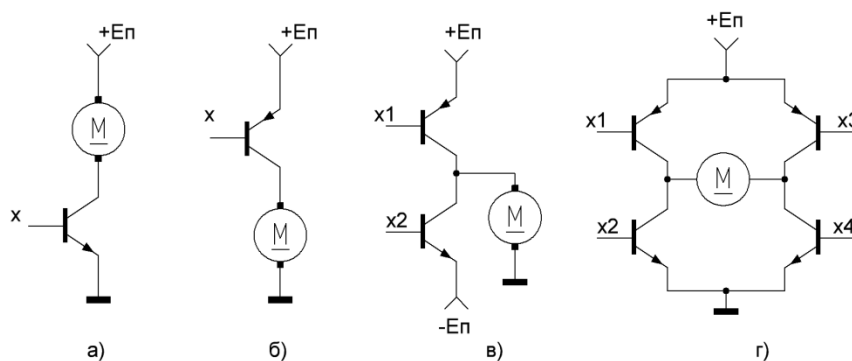


Рис. 1. Схема управления электродвигателем: а) нижний ключ, б) верхний ключ, в) полумостовая схема, г) мостовая схема

В практике реализации драйверов «нижний» (рис. 1а) и «верхний» (рис. 1б) ключи находят самостоятельное применение.

У «нижних» ключей в открытом состоянии оба силовых вывода имеют нулевой потенциал, что упрощает управление цифровым сигналом относительно «земли».

У «верхних» ключей эмиттер и база в открытом состоянии имеют высокий потенциал, что накладывает требование обеспечить передачу управляющего цифрового сигнала на уровень, привязанный к потенциалу источника питания. Схема верхнего и нижнего ключа драйвера определяется типом структуры ключевого транзистора (биполярный, MOSFET или IGBT) и типом его проводимости, а также расположением транзистора в схеме коммутатора.

Управление ключами осуществляется логическими сигналами относительно земли, но у нижнего ключа эмиттер имеет общую точку с землей, а у верхнего – эмиттер соединен с источником питания. Схемотехника верхнего и нижнего ключей различается.

Для верхнего ключа управляющий логический сигнал необходимо передать на базу транзистора, потенциал которой близок к напряжению питания. Поэтому требуется дополнительная схема преобразования низковольтных логических сигналов в сигнал управления током базы ключевого транзистора, находящегося под потенциалом источника питания.

Полумостовая (рис. 1в) и мостовая (рис. 1г) схемы позволяют реализовать реверсивное управление двигателем, но мостовая схема при этом обходится одним источником питания, а полумостовая требует биполярного источника.

Мостовой драйвер двигателя (рис. 1г) или Н-мост, включает в себя четыре более простых коммутатора. Силовые транзисторы, чтобы обеспечить режим насыщения транзистора во включенном состоянии, включаются по схеме с общим эмиттером (ОЭ), причем нагрузка (обмотка двигателя) подключается к коллектору транзистора. При положительном питании нижние ключи выполняются на транзисторах n-p-n, а верхние ключи – на транзисторах p-n-p.

Проектируя схему управления силовыми транзисторными сборками, следует учитывать, что:

- необходимо обеспечивать «плавающий» потенциал управления «верхним» силовым ключом;
- крайне важно создать быстрое нарастание и спад управляющих сигналов силовых ключей для снижения тепловых потерь на переключение;
- необходима электрическая совместимость входной части драйвера со стандартными цифровыми сигналами ТТЛ/КМОП.

Некоторое время назад схемы драйверов выполнялись на дискретных элементах. В настоящее время целый ряд фирм освоили выпуск интегральных драйверов управления силовыми ключами. Примером могут служить популярные в ИТ аппаратуре драйверы реверсируемого двигателя постоянно-

го тока компании ROHM, рассчитанные на напряжение питания 4.5 ... 34 В и тока от 0,5 А до 1,2 А [16].

Благодаря возможности H-моста переключать направление тока в обмотке, реализуется функция реверсирования направления вращения двигателя. Драйверы в некоторых случаях, включают такие функции, как термозащита (отключение при перегреве), энергосбережение (выключение части блоков драйвера, когда двигатель отключен), установка выходного напряжения и возможность совместной работы с регулятором скорости. Разница между режимами торможения и отключения заключается в их быстродействии. В режиме торможения выводы электродвигателя соединяются с общим проводом питания, а в режиме отключения они вообще отключаются от источника питания. Следовательно, режим торможения используется для быстрого останова, а отключения – для произвольного останова электродвигателя.

Схема нижнего ключа (рис. 2а) обеспечивает простейшую функцию управления двигателем Старт/Стоп и представляет собой транзисторный ключ [11], управляемый логическим сигналом с переключателя S1. Двигатель включен по схеме с параллельным возбуждением, статорная обмотка подключена непосредственно к источнику питания. Такое включение двигателя не единственное, но оно обеспечивает наиболее линейные характеристики управления, что немаловажно в схемотехнике привода [13].

Транзисторный ключ коммутирует ток в роторной обмотке. Данные вольтметра M1 (режим DC) соответствуют скорости вращения двигателя. Вольтметр M2 (режим DC) служит для контроля напряжения на коллекторе транзистора. Амперметр M3 (режим DC) измеряет ток базы. Ток, протекающий через роторную обмотку двигателя с эквивалентным сопротивлением R_H , является коллекторным током насыщения транзистора.

Резистор R1 задает ток базы I_b , достаточный для насыщения транзистора с коэффициентом передачи по току β [11].

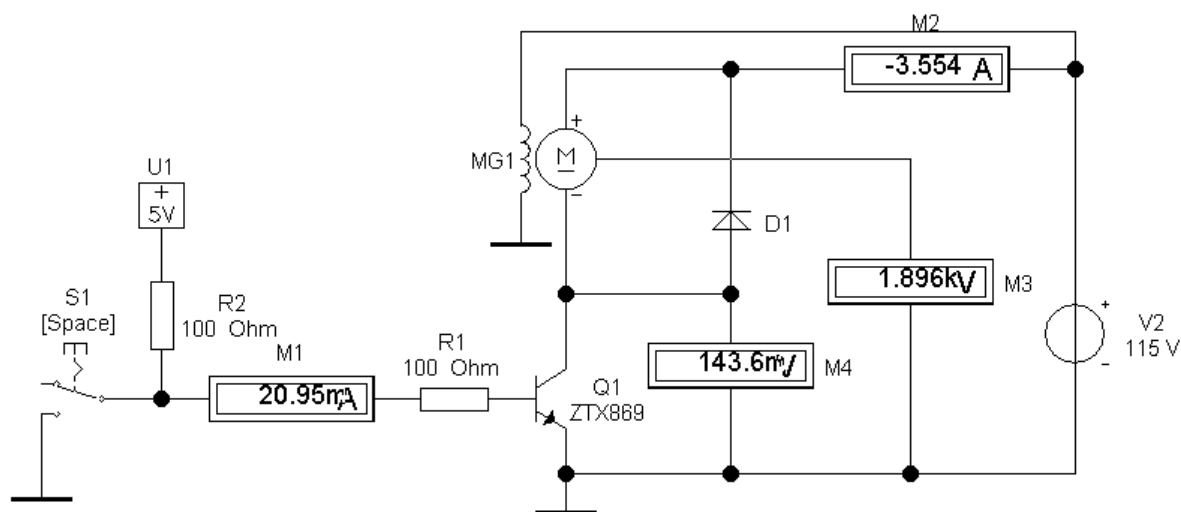


Рис. 2а. Схема управления маломощным нижним ключом

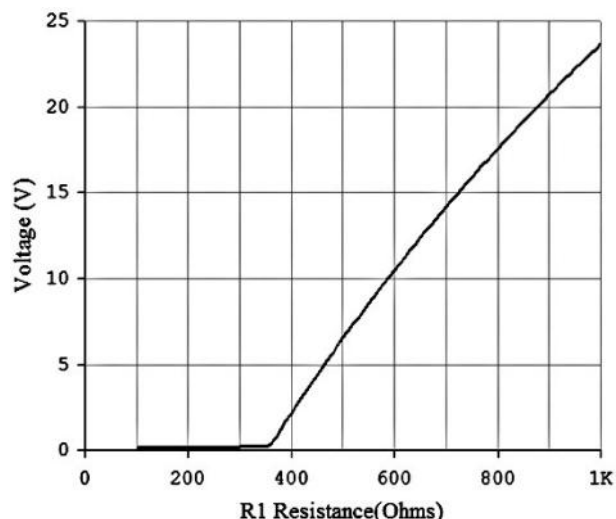


Рис. 26. Зависимость напряжения $U_{кэ}$ от величины $R1$

Основные расчетные соотношения для насыщенного ключа могут быть записаны в следующем виде:

$$I_{б} = 5 \text{ В} / R1 \geq I_{б \text{ нас}} = I_{к \text{ нас}} / \beta = E_{п} / \beta \cdot R_{н}.$$

Диод D1 защищает транзистор от пробоя во время переходного процесса в индуктивной нагрузке. Напряжение на коллекторе транзистора ZTX269 (из библиотеки EWB фирмы ZETEX) в режиме насыщения составляет $U_{кэ \text{ нас}} = 143 \text{ мВ}$ (вольтметр M4) при силе тока нагрузки равной $3,95 \text{ А}$ (амперметр M2).

Зависимость (рис. 26) напряжения на коллекторе $U_{кэ}$ при изменении сопротивления резистора $R1$ получена при моделировании в режиме Analysis/Parameter Sweep. При $R1 \leq 350 \text{ Ом}$ транзистор находится в насыщении ($U_{кэ \text{ нас}}$ – минимальное). При увеличении $R1 > 400 \text{ Ом}$ ток базы становится недостаточным для насыщения и транзистор выходит из режима насыщения, а напряжение на коллекторе возрастает. В данной схеме ток базы $I_{б \text{ нас}}$, необходимый для насыщения транзистора, довольно значителен. Для управления драйвером требуется ТТЛ элемент повышенной нагрузочной способности (выходной ток стандартной ТТЛ обычно не более 10 мА).

На рис. 3 приведена схема для моделирования электродинамической характеристики двигателя и тока в коммутируемой обмотке. Ключ S2 типа Time Delay Switch из библиотеки Basic обеспечивает во времени включение/выключение двигателя. В свойствах ключа устанавливают параметры On=0,1 с и Time Off=2 с, чтобы обеспечить разгон двигателя до установившегося режима и через 2 с выключение. Для контроля тока в обмотке используется преобразователь ток-напряжение Current Controlled Voltage Source из библиотеки Source, который на нагрузке R3 формирует напряжение, пропорциональное току в обмотке.

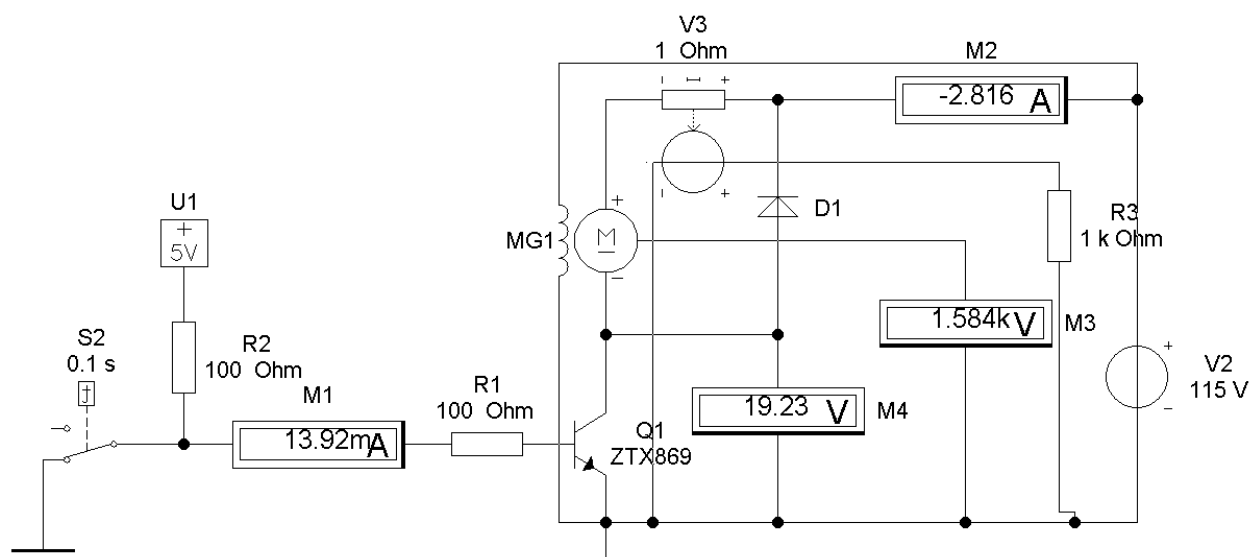


Рис. 3. Схема для исследования динамических параметров привода

Моделирование проводилось в режиме Analysis/Transient. Время моделирования выбрано Time Stop=5 с, чтобы наблюдать разгон ротора при включении тока и свободный выбег ротора при выключении (рис. 4).

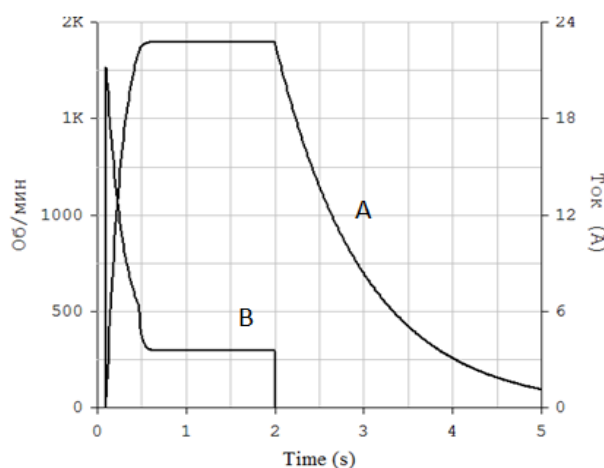


Рис. 4. Электродинамические характеристики привода:
 а) временная зависимость скорости вращения двигателя;
 в) диаграмма тока в роторной обмотке двигателя

Ротор в интервале времени от нуля до 0,5 с разгоняется от нуля до номинальных оборотов. При этом максимум силы тока через обмотку существенно превышает силу тока в установившемся режиме около 4 А и достигает 21 А. Через 2 с ток через обмотку выключается и ротор переходит в режим свободного выбега в течении около 3 с.

Улучшенная схема нижнего ключа, показанная на рис. 5а, обеспечивает дополнительное усиление тока управления эмиттерным повторителем на транзисторе Q2, что позволяет при прежнем токе нагрузки (амперметр M2) уменьшить ток, потребляемый от логического элемента. Резистор R3 шунтирует вход база-эмиттер транзистора Q1, а при выключении ключа S1 предот-

вращает влияние начального тока запертого транзистора Q2 на ток нагрузки транзистора Q1, обеспечивая его надежное запираение.

Схема, приведенная на рис. 5а, позволяет коммутировать значительные токи нагрузки при управлении от стандартной логики.

Для схемы характерно низкое напряжение $U_{кэ}$ силового транзистора Q1 в режиме насыщения.

Более развитые схемы управления нижними ключами иногда включают в себя логические элементы (И, ИЛИ, И-НЕ, ИЛИ-НЕ) и дополнительные входы разрешения/запрещения работы [16].

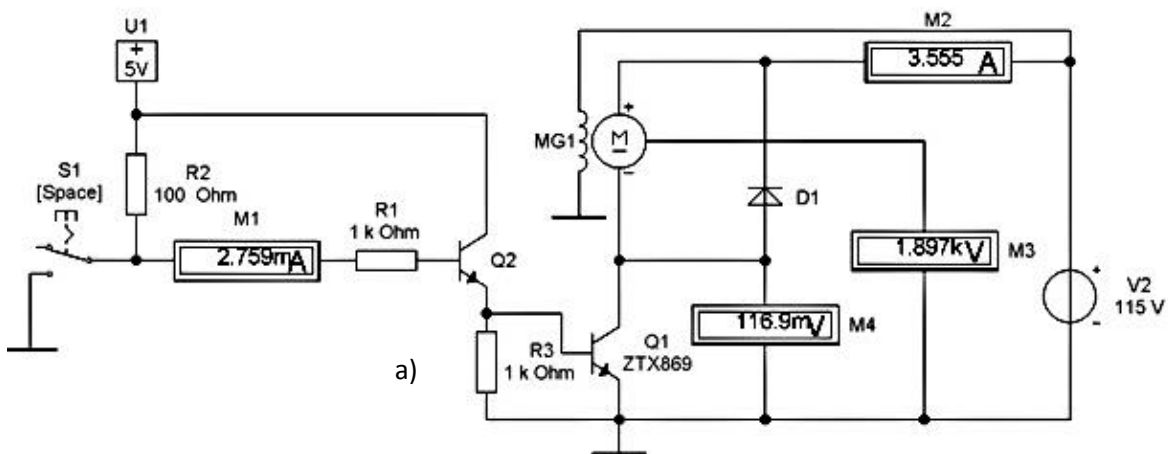


Рис. 5а. Схема управления мощным нижним ключом

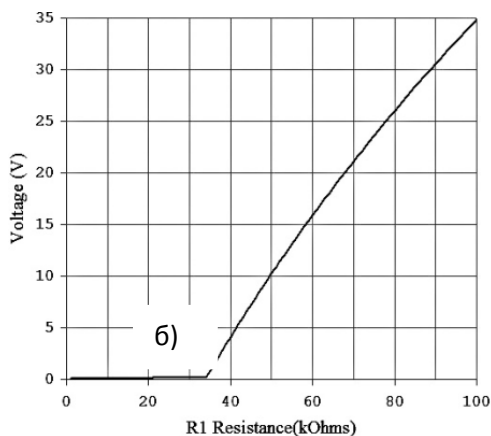


Рис. 5б. зависимость напряжения $U_{кэ}$ от величины сопротивления R1

Питание схем управления в интегральном исполнении осуществляется либо от дополнительного внешнего источника +5 В, либо через встроенный стабилизатор от источника коммутируемого напряжения.

Верхний ключ. Простейшее решение для коммутации тока заземленной нагрузки при источнике питания положительной полярности – применение ключевого транзистора Q1 p-n-p типа (рис. 6).

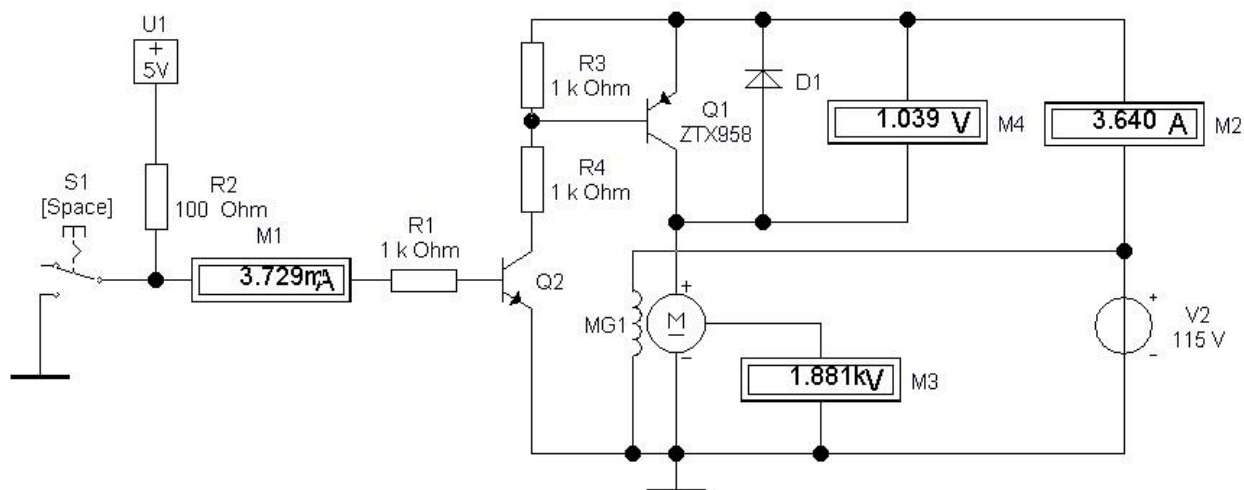


Рис. 6. Схема управления верхним ключом

Нагрузкой является роторная обмотка двигателя. Статорная обмотка включена параллельно к источнику питания. Вольтметр М1 отображает скорость вращения двигателя в об/мин.

Каскад на транзисторе Q2 обеспечивает передачу управляющего сигнала стандарта ТТЛ к базе транзистора Q1, потенциал базы которого практически равен напряжению источника питания. При этом происходит дополнительное усиление управляющего тока. Резистор R4 задает ток базы ключевого транзистора Q1, когда транзистор Q2 открыт и насыщен.

Напряжение насыщения транзистора Q1 $U_{кэ\text{ нас}}$ измеряется вольтметром М4 и составляет около 1 В.

Зависимость напряжения на коллекторе транзистора Q1 при изменении сопротивления резистора R4 (рис. 7) получена при моделировании схемы (рис. 6) в режиме Analysis/Parameter Sweep.

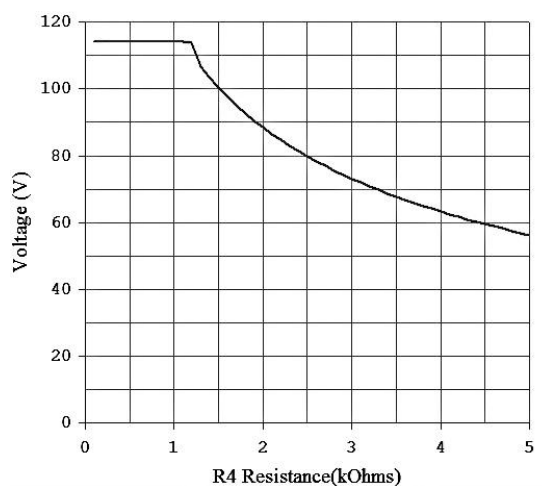


Рис. 7. Зависимость напряжения на коллекторе транзистора Q1 от величины сопротивления резистора R4

При $R4 \leq 1,2$ кОм транзистор находится в насыщении ($U_{кэ\text{ нас}}$ – минимальное).

При значениях $R4 > 1,2 \text{ кОм}$, ток базы становится меньше тока $I_{б \text{ нас}}$, а транзистор Q1 выходит из режима насыщения. Резистор R3 шунтирует переход база-эмиттер транзистора Q1, обеспечивает его надежное запираение при действии начального тока запертого транзистора Q2. Величина его не критична и может изменяться от 1 до 10 кОм.

Ток базы насыщенного транзистора Q1 (амперметр M1) мал, поэтому выходной ток стандартного элемента ТТЛ может управлять значительным током нагрузки.

Схема для моделирования реверсного управления двигателем – Н-мост (рис. 8) представляет собой комбинацию нижних и верхних ключей Q1–Q4 [13].

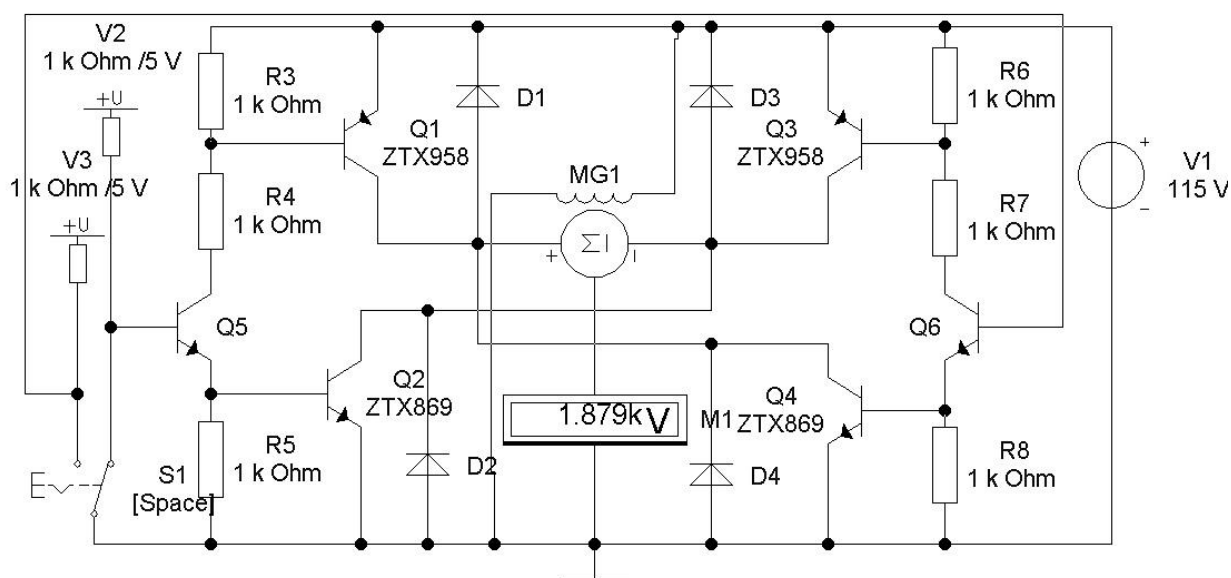


Рис. 8. Мостовая схема управления двигателем

Транзисторы Q5 и Q6 обеспечивают потенциальный сдвиг управляющего сигнала до потенциала базы верхних ключей Q1 и Q3. Кроме того обеспечивается дополнительное усиление по току для верхних и нижних ключей Q1–Q4. В зависимости от положения переключателя S1 открывается один из транзисторов Q5 или Q6.

При этом открываются поочередно транзисторы моста Q1, Q2 или Q3, Q4 и изменяется направление тока в обмотке, чем обеспечивается управление направлением вращения двигателя. Когда открыт и насыщен транзистор Q5 (ключ S1 в положении влево), открываются транзисторы моста Q1 и Q2, через обмотку ротора протекает ток слева направо.

При открытом транзисторе Q6, открывается другая пара транзисторов Q3 и Q4 и ток через обмотку ротора протекает справа налево.

Резисторы R4, R5, R6 и R8 обеспечивают гальваническую связь базы транзисторов моста с соответствующими эмиттерами.

Моделирование схемы в режиме Analysis/Parameter Sweep при вариации сопротивления резисторов R4, R5, R6 и R8 показало, что при изменении

сопротивления этих резисторов в диапазоне от 100 Ом до 10 кОм их величина практически не влияет на работу схемы.

Было выбрано значение 1 кОм. Резисторы R4, R7 определяют ток базы силовых ключей Q1, Q3. Моделирование схемы в режиме Analysis/Parameter Sweep при вариации сопротивления резисторов R4, R7 показало, что для данной нагрузки насыщение транзисторов Q1, Q3 обеспечивается при $R4=R7=1$ кОм.

Для реализации драйвера двигателя схема H-моста (рис. 8) должна быть дополнена логической схемой управления, которая позволит выполнять следующие действия в роторной обмотке:

– логический сигнал Start/Stop – 1/0 обеспечивает включение и выключение тока в обмотке;

– логический сигнал Left/Right – 1/0 – изменяет направление тока нагрузке;

– сигнал PWM (pulse-width modulation) - ШИМ (широотно-импульсная модуляция) обеспечивает управление средним значением силы тока в обмотке путём изменения скважности импульсов, что позволяет регулировать скорость вращения [14];

– сигналы левого и правого концевых выключателей LSwitch и RSwitch блокируют вращение в том направлении, с которого пришел нулевой сигнал концевой выключателя.

При этом выключатели не должны препятствовать вращению в противоположном направлении. Например, блокируется вращение влево, если левый концевой выключатель устанавливается в 0, но при этом разрешено вращение вправо.

Схема драйвера с логикой управления показана на рис. 9.

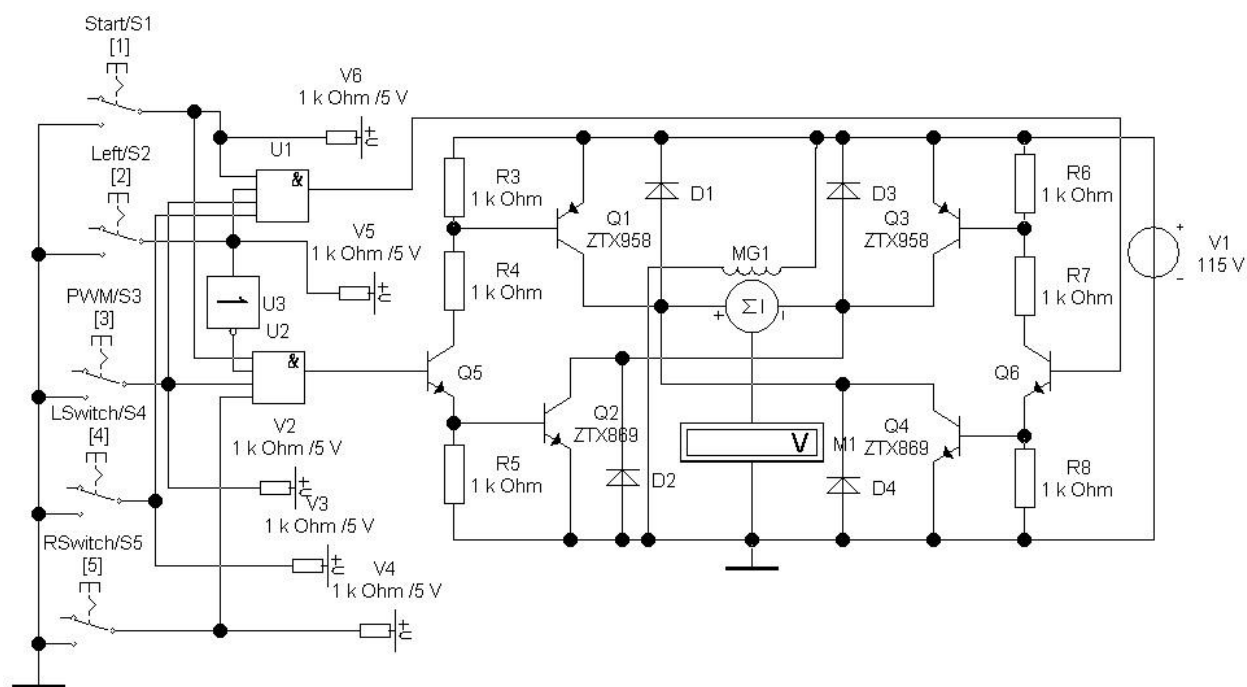


Рис. 9. Драйвер двигателя с логикой управления

Концевые выключатели LSwitch и RSwitch в нормальном режиме обеспечивают логический уровень 1; в крайнем положении соответствующий концевой датчик устанавливает уровень 0.

Входные ключи S1–S5 с pull-up резисторами имитируют соответствующие логические сигналы управления.

Проверка логики управления производилась в ручном режиме (переключая входные сигналы).

Схема управления двигателем с элементом Sub circuit показана на рис. 10. Соответствующие выводы схемы приобретают свойства Connectors для подключения внешних компонент. В окне выбора компонент Favorites (значок слева в линейке компонент) появляется созданный компонент HDriver, который можно использовать как обычный компонент библиотеки в неограниченном количестве [15].

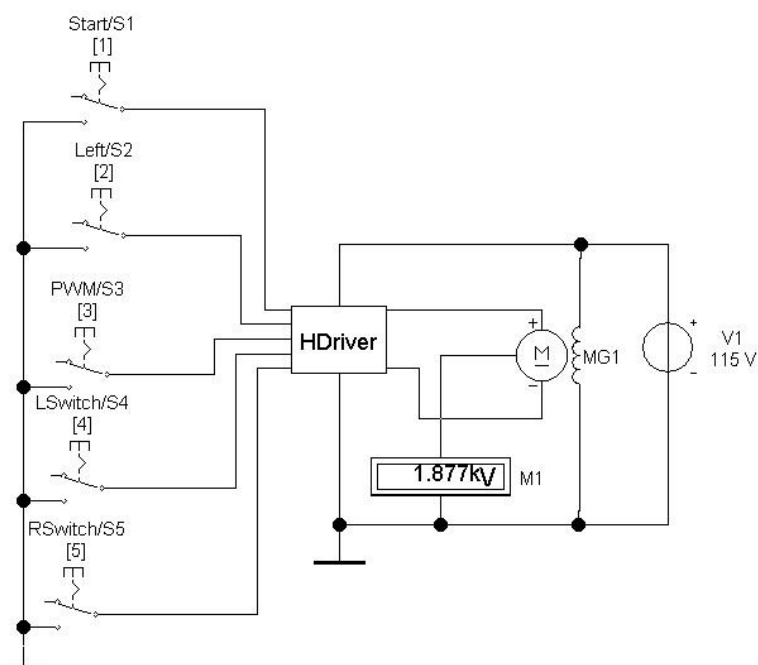


Рис. 10. Схема управления двигателем на базе заказной ИС Driver DC Motor

Для упрощения начертания сложных схем система EWB имеет возможность создавать схемы разных уровней – так называемые Sub circuit – схемы нижнего уровня (рис. 10), которые иногда называют заказными интегральными схемами [15].

Схема управления двигателем с элементом Sub circuit показана на рис. 10. Соответствующие выводы схемы приобретают свойства Connectors для подключения внешних компонент. В окне выбора компонент Favorites (значок слева в линейке компонент) появляется созданный компонент HDriver, который можно использовать как обычный компонент библиотеки в неограниченном количестве [15].

Схемотехника элемента Sub circuit показана на рис. 11. Для этого на схеме рис. 9 был выделен участок схемы, который затем был преобразован

опцией Circuit/Create Sub circuit. При этом за пределы выделяемого участка из схемы необходимо вынести все компоненты, которые будут внешними по отношению создаваемой ИС. Например, источник питания, земля, ключи имитации сигналов, вольтметр, двигатель (статорную обмотку следует совсем отключить от схемы).

Когда участок схемы выделен в меню системы EWB, то активируют действие Circuit/Create Subcircuit.

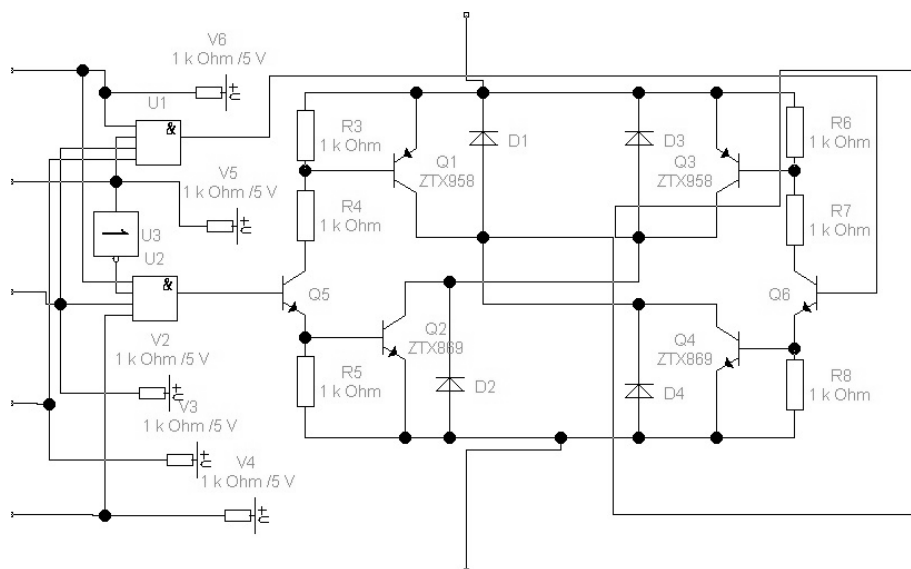


Рис. 11. Схема компонента HDriver

Созданной ИС было присвоено наименование – HDriver.

Для моделирования динамических характеристик DC привода в схеме, показанной на рис. 10, необходимо заменить простые ключи S1 и S2 типа Switch на ключи с временной задержкой Time Delay Switch.

Параметры ключей выбираются таким образом, чтобы успевали завершиться переходные процессы. Ключ S1 (Start/Stop) имеет время включения Time On – 0,1 с и время выключения Time Off – 15 с. Ключ S2 (Left/Right) имеет время включения Time On – 5 с и время выключения Time Off – 10 с. Модернизированная схема представлена на рис. 12а.

Моделирование проводилось в режиме Analysis/Transient. В диалоговом окне устанавливались время моделирования End Time – 20 с и Nodes in circuit – вывод схемы, с которого снимается сигнал вольтметра M1 – скорость вращения.

Временная зависимость скорости вращения, полученная при изменении режима по сценарию, задаваемому ключами S1 и S2, приведена на рис. 12б. За первые 2 секунды двигатель разгоняется до установившегося значения около 1800 об/мин. На 5-й секунде приходит команда изменить направление вращения. На интервале времени от 5 секунд до 8 секунд скорость вращения устанавливается 1800 об/мин. На 10-й секунде приходит команда еще раз изменить направление вращения. На отрезке времени от 10 секунд до 12 секунд двигатель набирает скорость +1800 об/мин. На 15-й секунде поступает ко-

манда Stop и скорость на интервале от 15-й секунды до 20-й секунды плавно уменьшается до нуля.

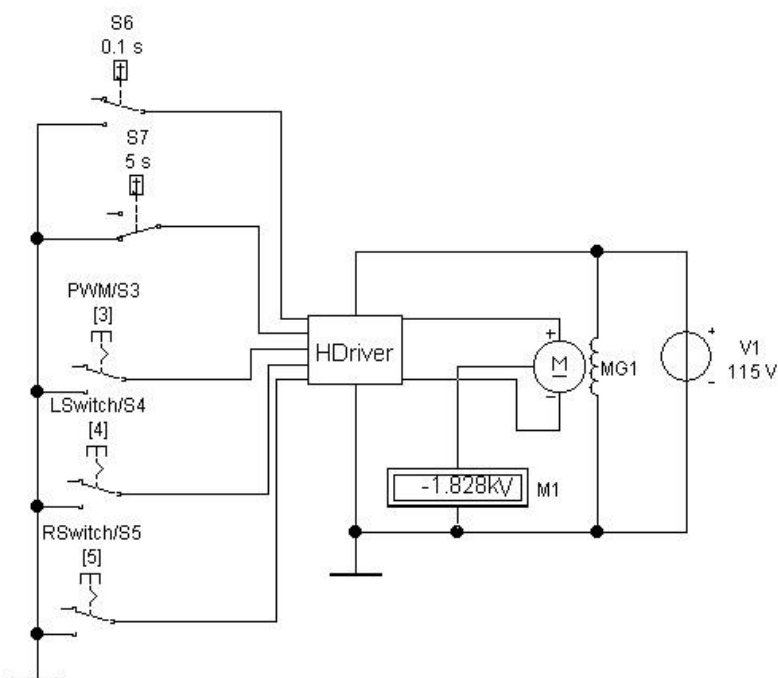


Рис. 12а. Схема моделирования исследования динамических характеристик драйвера с двигателем

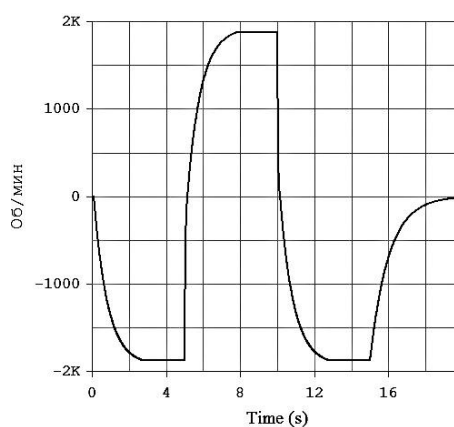


Рис. 12б. Динамические характеристики драйвера

Выводы

Приведено рассмотрение схемотехники управления двигателем постоянного тока. Проведено моделирование драйвера двигателя.

Показана возможность использования популярного пакета схемотехнического моделирования системы EWB 5.12 в практикуме по моделированию электромеханических характеристик привода с двигателем постоянного тока.

Продемонстрирована возможность пополнения библиотеки компонентов системы EWB семейством заказных интегральных схем драйверов двигателей постоянного тока.

Список использованных источников

1. Кечиев, Л. Н. Симулятор QUCS: основные возможности / Л. Н. Кечиев, Н. М. Крючков, В. В. Кузнецов // Инновации на основе информационных и коммуникационных технологий : сб. науч. тр. XII-й междунар. науч.-практ. конф. ИНФО-2015 Москва, 01-10 октября 2015 года, г. Сочи. – М. : НИУ ВШЭ. 2015. – С. 398–400.
2. Бабенко, В. П. Схемотехническое моделирование драйвера электродвигателя в системе EWB / В. П. Бабенко, В. К. Битюков // Инновации на основе информационных и коммуникационных технологий : сб. науч. тр. XII-й междунар. науч.-практ. конф. ИНФО-2015. Москва, 01-10 октября 2015 года, г. Сочи. – М. : НИУ ВШЭ. 2015. – С. 338–340.
3. Бабенко, В. П. Особенности разработки модели электродвигателя по его справочным характеристикам в системе EWB / В. П. Бабенко, В. К. Битюков // Инновации на основе информационных и коммуникационных технологий : сб. науч. тр. XII-й междунар. науч.-практ. конф. ИНФО-2015 Москва, 01-10 октября 2015 года, г. Сочи. – М. : НИУ ВШЭ. 2015. – С. 340–342.
4. Бабенко, В. П. Схемотехническое моделирование ШИМ-контроллеров в системе EWB / В. П. Бабенко, В. К. Битюков // Инновации на основе информационных и коммуникационных технологий : сб. науч. тр. XII-й междунар. науч.-практ. конф. ИНФО-2015 Москва, 01-10 октября 2015 года, г. Сочи. – М. : НИУ ВШЭ. 2015. – С. 342–344.
5. Карлащук, В. И. Электронная лаборатория на IBM PC. Инструментальные средства и моделирование элементов практических схем / В. И. Карлащук, С. В. Карлащук. – М. : Солон-Пресс, 2008. – 144 с.
6. Аристов, А. В. Физические основы электроники / А. В. Аристов, А. В. Глазычев, В. П. Петрович, Е. А. Шутов. – Томск, НИПУ, 2012. – 38 с.
7. Мочалов, В. В. Электронная техника и автоматика / В. В. Мочалов. – Минск, БНТУ, 2009. – 89 с.
8. Яцек, Я. Ф. Интерфейсы для ЭВМ. Практикум по лабораторным работам / Я. Ф. Яцек, К. С. Ткаченко. – Севастополь, СНТУ 2010. – 39 с.
9. Захаров, М. Г. Электроника и микропроцессорная техника. Практикум по лабораторным работам / М. Г. Захаров. – Орел, УНПК, 2012. – 229 с.
10. Руденкова, В. И. Основы электроники. Лабораторный практикум / В. И. Руденкова. – Минск, Минский государственный высший радиотехнический колледж, 2013. – 56 с.
11. Константинов, К. В. Системы управления приводом постоянного тока: Учебное пособие / К. В. Константинов. – Хабаровск, ДГУПС, 2004. – 92 с.
12. Романов, В. П. Электропитание средств вычислительной техники. Практикум по лабораторным работам / В. П. Романов. – Новокузнец, ГОУ СПО, 2008, – 35 с.
13. Бабенко, В. П. Методические разработки модели электродвигателя в системе EWB / В. П. Бабенко, В. К. Битюков // Вестник МГТУ МИРЭА, 2015. – №2(7). – С. 53–66.
14. Бабенко, В. П. Методические особенности компьютерного моделирования ШИМ-контроллеров / В. П. Бабенко, В. К. Битюков // Учебный эксперимент в образовании, 2015. – № 2(74). – С. 60–74.
15. Бабенко, В. П. Схемотехническое моделирование ШИМ контроллеров / В. П. Бабенко, В. К. Битюков // Актуальные проблемы и перспективы развития радиотехнических и инфокоммуникационных систем : сб. науч. тр. II-й междунар. науч.-практ. конф. РАДИОИНФОКОМ-2015 Москва, 14-18 апреля 2015 года. – М. : МИРЭА, 2015, Ч. 1. – С. 139–146.
16. Драйверы электродвигателей постоянного тока [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.rtc.ru/hwssubtype.asp?id=199>.

References

1. Kechiev L. N., Hooks N. M. Kuznetsov V. V. Simulator QUCS: key features “Innovation through information and communication technologies” 2015 Moscow INFO, 01-10 October 2015, Sochi. Moscow, NIU VShE, 2015, pp. 398–400.
2. Babenko V. P., Bityukov V. K. Circuit simulation of the driver motor in the system EWB “Innovation through information and communication technologies” 2015 Moscow INFO, 01-10 October 2015, Sochi. Moscow, NIU VShE, 2015, pp. 338–340.
3. Babenko V. P., Bityukov V. K. Peculiarities of development of the model of the motor according to the reference characteristics in the system EWB “Innovation through information and communication technologies” 2015, Moscow INFO, 01-10 October 2015, Sochi. Moscow, NIU VShE. 2015, pp. 340–342.
4. Babenko V. P., Bityukov V. K. Circuit simulation of PWM controllers in the system EWB “Innovation through information and communication technologies” 2015 Moscow INFO, 01-10 October 2015, Sochi. Moscow, HSE. 2015, pp. 342–344.
5. Karlaschuk V. I., Karasuk S. V. Electronic laboratory on IBM PC. Tools and simulation of practical circuits, Moscow, Solon-Press, 2008, 144 p.
6. Aristov A. V., Petrović V. P., Shutov E. A. Physical basis of electronics. Methodical instructions to laboratory works. The Tomsk national research Polytechnic University, 2012, 38 p.
7. Mochalov V. V., Electronic and automation equipment. Minsk, Belarusian national technical University, 2009, 89 p.
8. Jacek J. F., Tkachenko K. S. Interfaces for the computer. Workshop on laboratory work. Sevastopol, Sevastopol national technical University, 2010, 39 p.
9. Zakharov M. G. electronics and microprocessor technology. Workshop on laboratory work, Orel, 2012, 229 p.
10. Rudenkov V. I. fundamentals of electronics. Laboratory workshop. Minsk, 2013, 56 p.
11. Konstantinov K. V. System drive control DC: a Training manual. Khabarovsk, Far Eastern state University of railway transport, 2004. 92 p.
12. Romanov V. P. the supply of computer equipment. Workshop on laboratory work. Novokuznetsk. SEI, 2008, p. 35.
13. Babenko V. P., Bityukov V. K. Methodological development of the model of the motor in system EWB. Vestnik MGTU MIREA, 2015, No. 2(7), pp. 53–66.
14. Babenko V. P., Bityukov V. K. Methodical peculiarities of computer simulation of PWM controllers. Uchebnyi experiment v obrazovanii, 2015, No. 2(74), pp. 60–74.
15. Babenko V. P., Bityukov V. K. Circuit simulation of PWM controllers "Current problems and prospects of development of radio engineering and communication systems" RADIOINFO-2015 Moscow, April 14-18, 2015, Moscow, MIREA, 2015, p. 1, pp. 139–146.
16. The drivers of DC motors [electronic resource] URL : <http://www.rtc.ru/hwsub-type.asp?id=199>.

Поступила 05.04.15 г.

УДК 537(045)
ББК 22.313

Васютин Михаил Александрович

кандидат физико-математических наук, доцент
кафедра общенаучных дисциплин
Рузаевский институт машиностроения (филиал)
ФГБОУ ВПО «Мордовский государственный университет имени Н. П. Огарёва»
г. Саранск, Россия

Кузьмичев Николай Дмитриевич

доктор физико-математических наук, профессор
заведующий кафедрой общенаучных дисциплин
Рузаевский институт машиностроения (филиал)
ФГБОУ ВПО «Мордовский государственный университет имени Н. П. Огарёва»
г. Саранск, Россия
kuzmichevnd@yandex.ru

Шилкин Дмитрий Алексеевич

аспирант
ФГБОУ ВПО «Мордовский государственный университет имени Н. П. Огарёва»
г. Саранск, Россия

Савинов Игорь Александрович

аспирант
ФГБОУ ВПО «Мордовский государственный университет имени Н. П. Огарёва»
г. Саранск, Россия

**КРИТИЧЕСКИЙ ТОК ПЛЕНОК НИТРИДА НИОБИЯ
В МАГНИТНОМ ПОЛЕ**

Аннотация. В работе экспериментально определена температурная зависимость сопротивления тонкой плёнки нитрида ниобия (NbN) на постоянном токе, а также определена температура перехода в сверхпроводящее состояние и ширина перехода. Исследована зависимость критического тока образца от температуры в постоянном магнитном поле. Изучено влияние постоянного магнитного поля на первую гармонику напряжения сигнала отклика в области перехода. Определена температурная зависимость потенциала пиннинга.

Ключевые слова: нитрид ниобия, низкотемпературные сверхпроводники, критический ток, вихревая структура, потенциал пиннинга.

Vasyutin Mikhail Aleksandrovich

Candidate of physico-mathematical Sciences, Docent
Department of scientific disciplines
Ruzaevsky engineering Institute (branch)
Ogarev Mordovia state University, Saransk, Russia

Kuzmichev Nikolai Dmitrievich

Doctor of physico-mathematical Sciences, Professor
Head of the Department of General scientific disciplines
Ruzaevsky engineering Institute (branch)
Ogarev Mordovia state University, Saransk, Russia

Shilkin Dmitri Alekseevich

Graduate
Ogarev Mordovia state University, Saransk, Russia

Savinov Igor Alekandrovich

Graduate
Ogarev Mordovia State University, Saransk, Russia

CRITICAL CURRENT OF NIOBIUM NITRIDE IN MAGNETIC FIELD

Abstract. Experimental data were obtained on the low-temperature superconductors NbN. The temperature dependence of the niobium nitride thin film resistance DC were measured. Determine the temperature of the superconducting transition and the transition width. The dependence of the critical current on the temperature of the sample were investigated in a constant magnetic field. The influence of constant magnetic field on the first harmonic of the signal voltage response in the transition region were studied. The temperature dependence of the pinning potential.

Keywords: low-temperature superconductors, the critical current, the vortex structure, pinning potential.

Кристаллическая структура нитрида ниобия (NbN) относится к типу NaCl(B1), характеризующемуся двумя вставленными друг в друга кубическими гранецентрированными решётками ниобия и хлора. Каждый атом ниобия окружён атомами хлора и наоборот.

Характерной особенностью этого типа веществ является значительное отклонение от стехиометрического состава, вследствие чего в них всегда есть некоторое количество вакансий, сильно влияющих на физические свойства. В NbN концентрация вакансий составляет примерно 13 % [1].

Температура перехода в сверхпроводящее состояние (T_c) массивного образца нитрида ниобия находится в области 17,0 К – 17,3 К, что позволяло относить этот материал к одному из самых высокотемпературных среди низкотемпературных сверхпроводников.

Интерес к нитриду ниобия, несколько снизившийся после открытия высокотемпературных сверхпроводников (ВТСП), сейчас опять возрос в связи с возможностью его использования в качестве болометров, позволяющих детектировать отдельные фотоны (см., например, работу [2] и ссылки в ней), радиочастотных резонаторов [3] и материала для сверхпроводящих магнитов [4]. Простота изготовления, химическая и радиационная устойчивость, механическая прочность и высокое второе критическое поле ($H_{c2}(0) > 20$ Т для плёнок с $T_c > 15$ К) [5,6] делают этот материал весьма привлекательным для практических целей.

В данной статье приводятся результаты резистивных измерений тонкой плёнки NbN вблизи T_c . Толщина плёнки $d = 400$ nm, ширина $w = 5$ mm, длина $l = 10$ mm. Измерения проводились стандартным четырёхконтактным методом. Использовались прижимные контакты из фольги бериллий-бронза с нанесением промежуточного слоя индия для обеспечения большей контактной поверхности и стабильности контактного сопротивления.

Исследования проводились с помощью безжидкостной криомагнитной системы 8T CryoFree-404, позволяющей охлаждать образцы до 6 K в постоянном магнитном поле с индукцией до 8 T.

Температурные измерения проводились с помощью контроллера LakeShore 335. Датчик температуры – Cernox CX-1050. Напряжение с потенциальных контактов подавалось на электронный осциллограф с последующей компьютерной обработкой.

График перехода образца NbN в сверхпроводящее состояние на постоянном токе $I_d = 2$ mA показан на рис. 1.

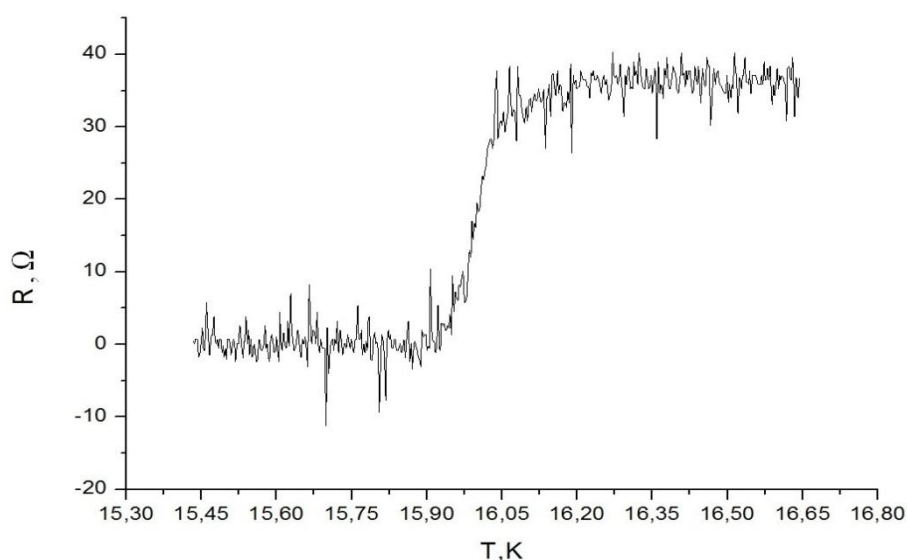


Рис. 1.

Ширина перехода $\Delta T_c \approx 0,1$ K. Температура перехода по середине скачка $T_c \approx 16,0$ K. В нормальном состоянии сопротивление плёнки на квадрат было около 18Ω .

На рис. 2 показана та же зависимость в более подробном рассмотрении в области перехода (кривая 2), и в том же масштабе переход в постоянном магнитном поле $H = 1$ kOe (кривая 1). Видно, что постоянное магнитное поле уменьшает сопротивление плёнки, что можно объяснить увеличением числа нераспавшихся куперовских пар из-за уменьшения их дрейфовой скорости в магнитном поле, перпендикулярном транспортному току.

Такая стимуляция сверхпроводимости магнитным полем, возможно, связана со значительным постоянным током через образец, переводящим его в нормальное состояние из-за перегрева.

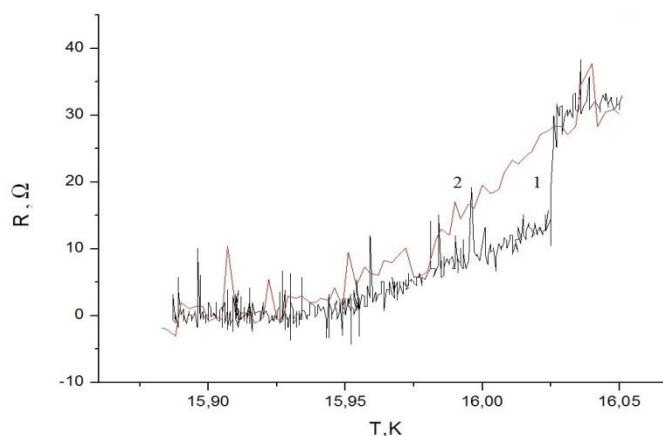


Рис. 2.

Зависимость критического тока образца от температуры в постоянном магнитном поле $H = 1 \text{ Т}$ показана на рис. 3. Ошибка измерения равна стороне квадрата.

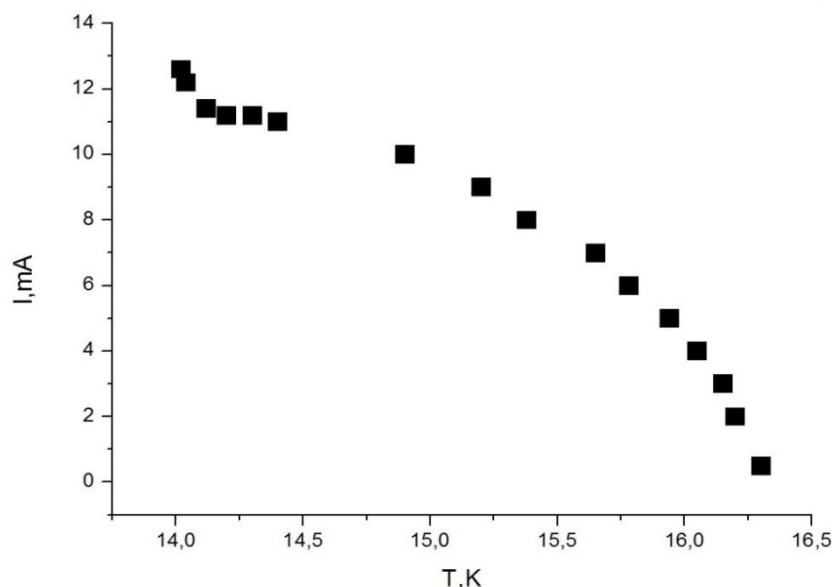


Рис. 3.

Для исключения влияния тока на нагревание плёнок необходимо использовать слабые токи, которые проще регистрировать, если проводить исследования на переменном сигнале.

На рис. 4 изображены кривые перехода на переменном токе $I_a = 0,2 \text{ mA}$ частотой 42 Hz (первая гармоника) в разных магнитных полях. Кривая 1 получена без поля, кривые 2 и 3 в постоянном магнитном поле 1 Т и 2 Т соответственно.

Видно, что магнитное поле сдвигает переход влево целиком, что свидетельствует о распаривающем влиянии поля в области перехода. В нулевом поле температура перехода, по сравнению с рис.1, повысилась до

16,45 К, что связано с уменьшением измерительного тока в 10 раз.

На рис. 5 показана зависимость плотности транспортного тока депиннинга J_c от приведённой температуры $t = T/T_c$ (обработка данных рис. 3), где $T_c = 16,45$ К.

Температурная и магнитополевая зависимость J_c даётся формулой [7; 8]: $J_c(T, B) = U_0(T)/B$. Здесь $U_0(T)$ – температурная зависимость потенциала пиннинга. Учитывая, что $U_0(T) \sim H_c^2(T)/U^n(T)$, и используя температурные зависимости критического магнитного поля и длины когерентности теории Гинзбурга-Ландау, получим: $U_0(T) \sim (1-t)^2(1-t)^{-n/2}$. В нашем случае (толстые плёнки) $n = 3$ и подгоночная кривая, обозначенная на рис.5 цифрой 1, хорошо аппроксимирует экспериментальные данные, несмотря на большое отличие от величины тока депиннинга на ультратонких плёнках [7]. Кривая 2 на том же рисунке получена подгонкой температурной зависимости критической плотности тока в предположении сильного закрепления вихрей при температурах $t < 0,86$ [9].

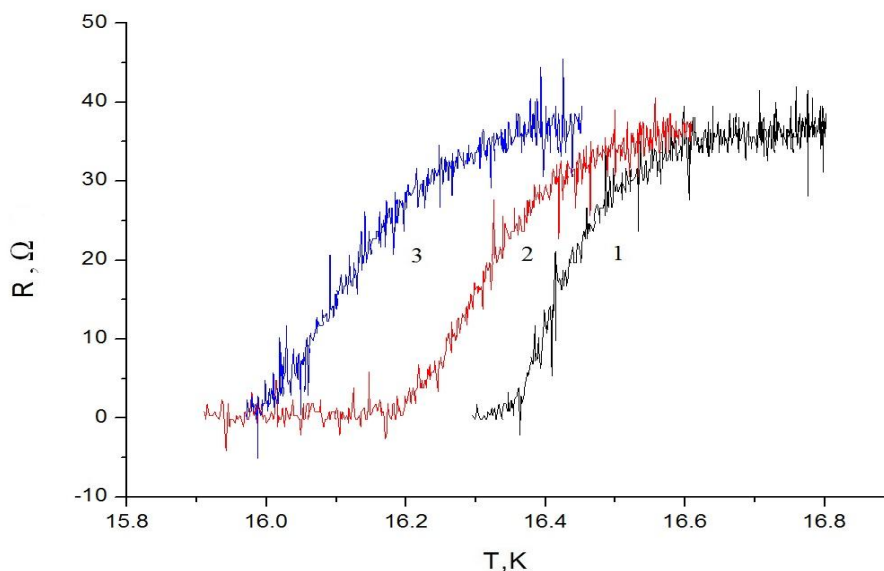


Рис. 4.

Таким образом, в работе показано, что сопротивление образца сверхпроводника NbN, находящегося в сверхпроводящем состоянии, помещённого в постоянное магнитное поле, обусловлено вязким течением вихрей с температурной зависимостью потенциала пиннинга, характерной для толстых плёнок.

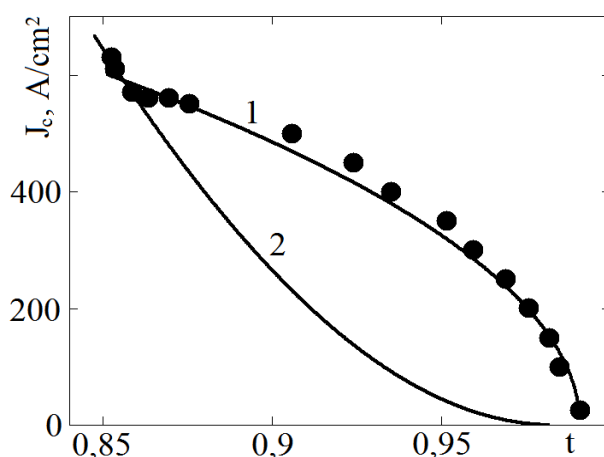


Рис. 5.

Список использованных источников

1. Изюмов, Ю. А. Сверхпроводимость соединений на основе переходных элементов и связь с решеточной неустойчивостью / Ю. А. Изюмов, Э. З. Курмаев // Успехи физических наук. 1976. – Т. 118. – В. 1. – С. 53–100.
2. Kamlapure, A. Measurement of magnetic penetration depth and superconducting energy gap in very thin epitaxial NbN films / Kamlapure Anand, Mondal Mintu, Chand Madhavi, Mishra Archana, Jesudasan John, Bagwe Vivas, Benfatto L., Tripathi Vikram, and Raychaudhuri Pratap // Applied Physics Letters. 2010. – V. 96. – P. 072509–3.
3. Weingarten W. // Part. Accel, 1996. – V. 53. – P. 199.
4. Kampwirth, R. T. Application of NbN films to the development of very high field superconducting magnets / Kampwirth R. T., Capone D. W., Gray II, K. E., and Vicens A. // Magnetism, IEEE Transactions on, 1985. – V. 21. – I. 2. – P. 459–462.
5. Gavaler, J. R. Very high critical current and field characteristics of niobium nitride thin films / Gavaler J. R., Janocko M. A., Patterson A., and Jones C. K. // Journal of Applied Physics. – 1971. – V. 42. – I. 1. – P. 54–57.
6. Jesudasan, J. Upper critical field and coherence length of homogeneously disordered epitaxial 3-dimensional NbN films / Jesudasan John, Mondal Mintu, Chand Madhavi, Kamlapure Anand, Kumar Sanjeev, Saraswat Garima, Bagwe Vivas C., Tripathi Vikram, and Raychaudhuri Pratap // AIP Conference Proceedings. – 2011. – V. 1349. – P. 923–924.
7. Senapati, K. Normal-state transport and vortex dynamics in thin films of two structural polymorphs of superconducting NbN / Senapati K., Pandey N.K., Nagar Rupali, and Budhani R.C. // Physical Review B. – 2006. – V. 74. – I. 10. – P. 104514–8 (2006).
8. Campbell, A. Flux vortices and transport currents in type II superconductors / Campbell A. M. and Evetts J. E. // Advances in Physics. 1972. – V. 21. – I. 90. – P. 199–428.
9. Бычков, Ю. Ф. Температурная зависимость критического тока в сплавах с жестко закреплённой вихревой решёткой / Ю. Ф. Бычков, В. Г. Верещагин, М. Т. Зуев, В. Р. Карасик, Г. Б. Курганов, В. А. Мальцев // Письма в журнал экспериментальной и теоретической физики. – 1969. – Т. 9. – В. 8. – С. 451–456.

References

1. Izyumov Y. A., Kurmaev E. Z. Superconductivity of compounds based on transition elements and the connection with the lattice instability. Physics-Uspekhi, 1976, T. 118, V. 1, pp. 53–100.
2. Kamlapure Anand, Mondal Mintu, Chand Madhavi, Mishra Archana, Jesudasan John, Bagwe Vivas, Benfatto L., Tripathi Vikram, and Raychaudhuri Pratap. Measurement of magnetic penetration depth and superconducting energy gap in very thin epitaxial NbN films. Applied

Physics Letters, 2010, V. 96, pp. 072509–3.

3. Weingarten W. Part. Accel. 1996, V. 53, p. 199.

4. Kampwirth R. T., Capone D. W., Gray II, K. E., and Vicens A. Application of NbN films to the development of very high field superconducting magnets. Magnetics, IEEE Transactions on, 1985, V. 21, I. 2, pp. 459–462.

5. Gavalier J. R., Janocko M. A., Patterson A., and Jones C. K. Very high critical current and field characteristics of niobium nitride thin films. Journal of Applied Physics, 1971, V. 42, I. 1, pp. 54–57.

6. Jesudasan John, Mondal Mintu, Chand Madhavi, Kamlapure Anand, Kumar Sanjeev, Saraswat Garima, Bagwe Vivas C., Tripathi Vikram, and Raychaudhuri Pratap. Upper critical field and coherence length of homogenously disordered epitaxial 3-dimensional NbN films. AIP Conference Proceedings, 2011, V. 1349, pp. 923–924.

7. Senapati K., Pandey N. K., Nagar Rupali, and Budhani R. C. Normal-state transport and vortex dynamics in thin films of two structural polymorphs of superconducting NbN. Physical Review B, 2006, V. 74, I. 10, pp. 104514–8 (2006).

8. Campbell A. M. and Evetts J. E. Flux vortices and transport currents in type II superconductors. Advances in Physics, 1972, V. 21, I. 90, pp. 199–428.

9. Bychkov Yu. F., Vereshchagin V. G., Zuev M. T., Karasik V. R., Kurganov G. B., Maltsev V. A. The temperature dependence of the critical current in alloys with rigidly fixed vortex lattice. Journal of Experimental and Theoretical Physics Letters (JETP Letters), 1969, V. 9, No. 8, pp. 451–456.

Поступила 08.10.15 г.

УДК 621.32+628.9(045)

ББК 31.294

Чуракова Динара Камилевна

аспирант кафедры источников света

ФГБОУ ВПО «Мордовский государственный университет имени Н. П. Огарёва»

г. Саранск, Россия

emerald1992@mail.ru

Ашрятов Альберт Аббясович

доктор технических наук, доцент

заведующий базовой кафедрой источников света

ФГБОУ ВПО «Мордовский государственный университет имени Н. П. Огарёва»

г. Саранск, Россия

ashryatov@rambler.ru

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ КРИВОЙ СИЛЫ СВЕТА
СВЕТОДИОДОВ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ВТОРИЧНОЙ ОПТИКИ
В ВИДЕ ЗЕРКАЛЬНОЙ ПОВЕРХНОСТИ**

Аннотация. В статье представлен лабораторный стенд, разработанный для исследования влияния плоской зеркальной поверхности, расположенной параллельно оптической оси светодиода на его светораспределение.

Ключевые слова: светодиод, кривая силы света, фотометрическое тело, лабораторный стенд, гониофотометр.

Churakova Dinara Kamilevna

Graduate of the department of light sources
Ogarev Mordovia state University, Saransk, Russia
emerald1992@mail.ru

Ashryatov Albert Abbyasovich

Doctor of of technical sciences, Docent
Department of light sources
Ogarev Mordovia State University, Saransk, Russia

EXPERIMENTAL DETERMINATION OF CURVES OF INTENSITY LEDS WHEN USING AS A SECONDARY OPTICS MIRROR SURFACE

Abstract. The paper presents the laboratory bench, designed to study the effect of a flat mirror surface which is parallel to the optical axis of the LED at its light distribution.

Keywords: LED, curve intensity, photometric body, laboratory bench, goniophotometer.

Кривая сила света (КСС) большинства из выпускаемых светодиодов (СД) имеет осесимметричную форму [1]. Такая форма КСС при освещении поверхности под малым углом создает вытянутую (овальную) форму светового пятна. Для ограничения протяженности светового пятна в конструкции световых приборов (СП) применяются специальные экраны, однако в этом случае отмечается неэффективное использование светового потока, т. к. его часть поглощается экраном.

Одним из вариантов решения данной проблемы является использование вместо экранов плоской зеркальной поверхности. При этом помимо перенаправления светового потока, например из верхней полусферы в нижнюю, появляется возможность создавать требуемое светораспределение в зависимости от вариантов расположения зеркальной поверхности.

Для экспериментального исследования была разработана лабораторный стенд для крепления СД. В качестве основы корпуса стенда была использована алюминиевая пластина, выступающая в качестве радиатора. Фиксация СД на корпусе осуществлялась при помощи винтов. Зеркальная поверхность представляла собой стеклянное зеркало, которое было приклеено к металлическому уголку.

Уголок имел продольный паз, в котором располагалась резьбовая часть винта, закрепленного в корпусе лабораторного стенда. Благодаря продольному пазу, зеркало имело возможность перемещаться по поверхности корпуса таким образом, что изменялось расстояние от оптической оси светодиода до зеркальной поверхности зеркала.

Фиксация положения зеркала производилось при помощи зажимной гайки параллельно оптической оси СД (рис. 1).

В качестве источника питания для СД использовался стабилизированный источник тока.

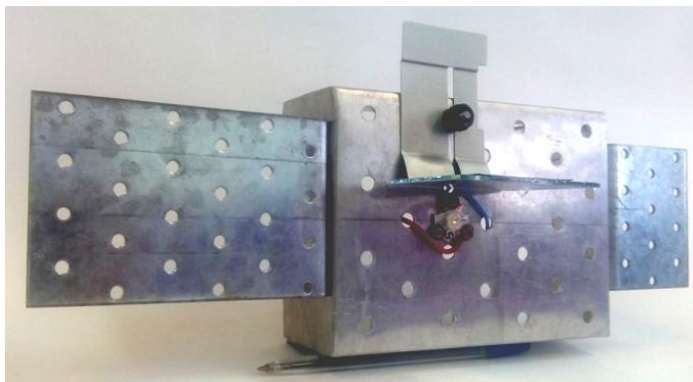


Рис. 1. Крепление для СД

Измерение светораспределения СД проводилось на гониофотометре. Методика измерений гониофотометром заключается в том, чтобы измерить силу света или освещенность от источника света (ИС) во всех направлениях. Для этого пространство, окружающее ИС, делится на некоторое количество плоскостей и измеряется интенсивность излучения во всех направлениях, лежащих в пределах каждой плоскости.

Величина угла между плоскостями и направлениями измерения определяется индивидуально для каждого типа ИС либо СП. Чем больше плоскостей и меньше угол между направлениями измерения в каждой плоскости, тем более точно будет определено фотометрическое тело и, соответственно, более точно будет рассчитано значение результирующего светового потока испытуемого ИС.

Существует три системы плоскостей измерения: А-, В- и С-плоскости [1, с. 249]. Углы направлений измерения в каждой из плоскостей имеют соответственно обозначения α -, β - и γ - угол.

Наиболее распространенные системы секущих плоскостей меридиональная С- γ и продольная В- β .

Все существующие типы гониофотометров можно разделить на три группы: с подвижным ИС, подвижной фотометрической головкой и гониофотометры с вращающимся зеркалом [2; 3].

В лаборатории ЦКП «Светотехническая метрология» на светотехническом факультете МГУ им. Н. П. Огарёва установлен гониофотометр GO-2000А производства компании EVERFINE с вращающимся ИС (рис. 2).

Принцип работы гониофотометра основан на вращении ИС при статичном детекторе и позволяет измерять полное фотометрическое тело (ФТ) с высоким пространственным разрешением, вплоть до $0,1^\circ$. Пространственное ФТ СП, может быть представлено в виде набора КСС в системе координат С- γ или В- β , а также в виде электронного файла в формате IES [4]. В первом случае (С- γ) исследуемый ИС вращается на одной стойке, во втором случае (рис. 2), ИС вращается на обеих стойках.

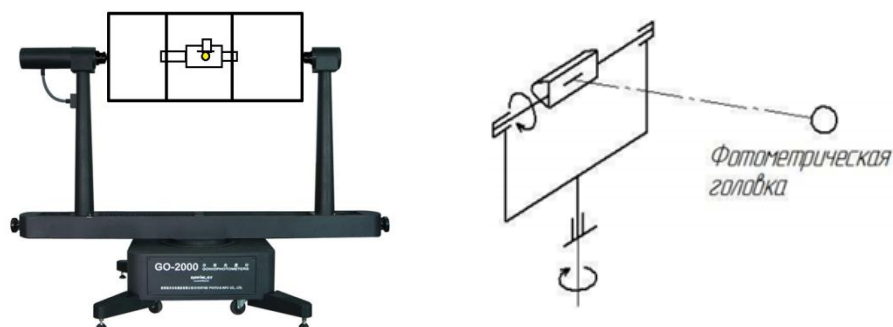


Рис. 2. Гониофотометр GO-2000А

Перед началом эксперимента устройство для крепления исследуемого СД и зеркала устанавливается на гониофотометр, где ось СД и центр фотометра совмещаются с помощью юстировочного лазера. После чего при номинальных условиях, после стабилизации рабочей температуры исследуемого светодиода, осуществляется его фотометрирование.

Результаты фотометрирования ряда СД [5] показали, что на тип светораспределения влияет ряд факторов:

- взаимное расположение оптики (зеркала) и оптической оси СД;
- количество кристаллов в конструкции СД;
- расположение кристаллов СД относительно плоскости зеркала.

Список использованных источников

1. Справочная книга по светотехнике / Под ред. Ю.Б.Айзенберга. 3-е изд. перераб. и доп. – М. : Знак, 2006. – 972 с.
2. Зубков Д. П. Гониометрический метод измерения излучения светодиодов / Д. П. Зубков // СВІТЛОТЕХНІКА ТА ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА. – 2011. – № 4. – С. 30–37.
3. Устройство для определения светораспределения источников света (варианты) / А. А. Ашратов, Е. Н. Канинина/ Патент на полезную модель № 110186. МПК G01J 1/00. Заявка: 2011119662/28, 16.05.2011. Оpubл. 10.11.2011.
4. Фотометрические измерения [Электронный ресурс] – Режим доступа : <http://www.vnisi.ru/joomla/ru/deyatelnost/fotometricheskie-izmereniya>.
5. Чуракова Д. К. Исследование светораспределения светодиодов со вторичной оптикой / Д. К. Чуракова // Фундаментальные и прикладные проблемы физики: сб. науч. тр. IX Междунар. науч.-техн. конф. «Фундаментальные и прикладные проблемы физики». – 2015. – С. 78–82.

References

1. The reference book on light engineering Moscow, Znak, 2006, 972 p.
2. Zubkov D. P. Goniometric method of measuring radiation of the LEDs. SWETLANA ELEKTROENERGETIKA. 2011. No. 4, pp. 30–37.
3. Ashratov A. A., Kalinina E. N. A device for determining the light distribution of light sources (options). Patent for useful model No. 110186. IPC G01J 1/00. Application: 2011119662/28, 16.05.2011. Publ. 10.11.2011.
4. Photometric measurements [Electronic resource]. URL : <http://www.vnisi.ru/joomla/ru/deyatelnost/fotometricheskie-izmereniya>.

5. Churakova D. K. a Study of light distribution of the LEDs with secondary optics. Fundamental and applied problems of physics: collection of scientific works on materials of the IX Intern. scientific.-tech. Conf. "Fundamental and applied problems of physics", 2015, pp. 78–82.

Поступила 20.09.15 г.

УДК 621.35
ББК 31.2

Волков Степан Степанович

доктор физико-математических наук, профессор
ФГКВОУ ВПО «Рязанское высшее воздушно-десантное командное училище
имени генерала В. Ф. Маргелова», г. Рязань, Россия
volkovstst@mail.ru

Николин Сергей Васильевич

Рязанский государственный радиотехнический университет, г. Рязань, Россия
rvvdku@mail.ru

Дмитревский Юрий Евгеньевич

ФГКВОУ ВПО «Рязанское высшее воздушно-десантное командное училище
имени генерала В. Ф. Маргелова», г. Рязань, Россия

Пузевич Николай Леонидович

ФГКВОУ ВПО «Рязанское высшее воздушно-десантное командное училище
имени генерала В. Ф. Маргелова», г. Рязань, Россия

Дмитриев Владимир Владимирович

ФГКВОУ ВПО «Рязанское высшее воздушно-десантное командное училище
имени генерала В. Ф. Маргелова», г. Рязань, Россия

Ивлева Лидия Александровна

ФГКВОУ ВПО «Рязанское высшее воздушно-десантное командное училище
имени генерала В. Ф. Маргелова», г. Рязань, Россия

ИССЛЕДОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ ЭЛЕКТРОНОВ В ПРОВОДНИКАХ ПРИ ПОСТОЯННОМ И ПЕРЕМЕННОМ ТОКАХ

Аннотация. Результаты работы позволяют предполагать, что в замкнутой цепи переменного тока электрический ток создается при электростатически нейтральных полюсах источника тока. Это указывает на близкодействующий кулоновский характер сил взаимодействия электронных орбиталей атомов проводника при протекании тока.

Ключевые слова: проводник, движение электронов, постоянный ток, переменный ток, электродвижущая сила, полюс источника энергии, электрическая емкость.

Volkov Stepan Stepanovich

Doctor of physico-mathematical Sciences, Professor
Ryazan higher airborne command school (military Institute)
named after army General Margelov, Ryazan, Russia

Nikolin Sergey Vasilevich

Ryazan higher airborne command school (military Institute)
named after army General Margelov, Ryazan, Russia

Dmitrevsky Yury Yevgenyevich

Ryazan higher airborne command school (military Institute)
named after army General Margelov, Ryazan, Russia

Puzevich Nikolai Leonidovich

Ryazan higher airborne command school (military Institute)
named after army General Margelov, Ryazan, Russia

Dmitriev Vladimir Vladimirovich

Ryazan higher airborne command school (military Institute)
named after army General Margelov, Ryazan, Russia

Ivleva Lidia Alexandrova

Ryazan higher airborne command school (military Institute)
named after army General Margelov, Ryazan, Russia

**THE MOVEMENT OF ELECTRONS IN CONDUCTORS
WHEN DIRECT AND ALTERNATING CURRENTS**

Abstract. The results suggest that in a closed circuit changes tion current electric current is created when electrostatically neutral poles of the mains supply. This indicates that short-range Coulomb forces in nature interaction of the electronic orbitals of the atoms of the conductor when current flows.

Keywords: conductor, the movement of electrons, DC, AC, electromotive force, a pole of the energy source, electric capacity.

Согласно электронной теории твердого тела движение электронов в проводнике происходит под действием электрического поля, образованного избыточными электрическими зарядами на полюсах (клеммах) источника тока. При этом электроны в проводнике представляются свободными от атомов, а поведение их описывается газовыми законами с учетом квантования размерами кристалла и межатомного расстояния.

Определим величины зарядов на полюсах источника электродвижущей силы, величины движущих зарядов, силы, действующие на все электроны и в среднем на один электрон, напряженности поля в проводниках и между полюсами и т. д. Движущая сила, действующая на электрон в проводнике, определяется напряженностью электрического поля $F_{\text{пров}} = eE_{\text{пров}}$, где e – заряд электрона; $E_{\text{пров}}$ – напряженность электрического поля в проводнике.

Напряженность поля определяется разностью потенциалов на полюсах (клеммах) источника и расстоянием между ними по пути движения электро-

нов, то есть длиной проводника L внешней цепи.

Потенциалы полюсов, в свою очередь, объясняются избыточными положительными и отрицательными электрическими зарядами на полюсах источника электродвижущей силы (ЭДС). Количество зарядов однозначно связано с потенциалом и электрической емкостью заряженного тела $q = C U$. Известно также, что избыточные электрические заряды располагаются только на поверхности. В пространстве между зарядами образуется электрическое поле. Если соединить к клеммам источника однородный проводник, то электрическое поле зарядов полюсов источника равномерно распределится по длине проводника. При этом, как и в литературе, без обсуждения пренебрегаем известным фактом, установленным еще Ампером, что электрическое поле в проводники не проникает.

При наличии зарядов на полюсах источника напряженность поля во внешнем проводнике замкнутой электрической цепи равна: $E_{пров} = U_{ист} / L$. Если принять напряжение источника $U_{ист} = 12$ В, длину проводника $L = 1$ м, а сечение $S = 1$ мм², то напряженность в проводнике равна 12 В/м, а падение напряжения на межатомном расстоянии a_0 равно $\Delta U = a_0 U_{ист} / L = 3 \cdot 10^{-10} / 1 = 3.6 \cdot 10^{-9}$ В.

Такая разность потенциалов на диаметре электронной орбиты не искажает поведение электрона с энергией связи, равной или сравнимой с первым потенциалом ионизации $eU_{il} > 4$ эВ.

С учетом электропроводности ρ меди напряжение на приведенном проводнике определяется его сопротивлением и величиной тока. Если принять максимальную плотность тока для меди $j = 10$ А/мм², то величина напряжения на таком проводнике равна $U = j \rho l / S = 10 \cdot 1.55 \cdot 10^{-6} \cdot 100 / 10^{-2} = 0.155$ В, в 100 раз меньше принятой.

Для упрощения рассмотрения силового действия электрических зарядов введем по аналогии с потоком магнитных силовых линий (магнитным потоком) понятие электрического потока, потока силовых линий $E_{сил}$ электрического поля электрических зарядов. Каждый единичный электрический заряд (электрон) создает определенной величины электрический поток $E_{сил} l$ силовых линий. Полный электрический поток полюса определится количеством зарядов $N_{пол}$ полюса $E_{сил} = E_{сил} l N_{пол}$. В электростатике законом Кулона подразумевается, что при определении силы притяжения или отталкивания между двумя зарядами (+e) и (-e) имеет место полное потокосцепление. Условием неполного потокосцепления объясняется в физике природа сил электронного сродства нейтральных атомов и образование отрицательных ионов.

Появление сил сродства можно толковать как неполное потокосцепление силовых линий зарядов ядра с силовыми линиями электронов. По закону сохранения энергии следует, что энергия связи электронов в нейтральном атоме меньше, чем энергия связи, которая была бы для полного потокосцепления. Предположим, что между зарядами полюсов имеется полное потокосцепление, и электрический поток зарядов полюсов ограничен границами, се-

чением проводника.

При наличии электронов в проводнике часть силовых линий замыкаются на них и приводят их в движение. Величина силы, действующей на свободные электроны проводника, определяется величиной потокосцепления. Надо полагать, что максимальная сила будет при полном потокосцеплении, когда на каждый движущийся заряд действует поток $E_{свл}$ одного электрона. Тогда количество движущих зарядов полюса должно быть больше числа зарядов проводника $N_{эл\ пол} > N_{эл\ пров}$. При неполном потокосцеплении на один движущий электрон может приходиться несколько движимых электронов. На основе конкретного примера определим соотношение движимых и движущих электронов. Полное количество подвижных электронов в проводнике определяется их концентрацией и объемом проводника $N_{пров} = n_0 L S$, где $n_0 = 1 \cdot 10^{23}$ эл/см³ – концентрация электронов проводимости; L – длина проводника; S – площадь сечения проводника. При $L = 1$ м, $S = 1$ мм² полное число электронов равна $N_{пров} = 1 \cdot 10^{29} \cdot 1 \cdot 10^{-6} = 1 \cdot 10^{23}$ эл. Величина подвижного заряда проводника равна $q_{пров} = e N_{пров} = 1.6 \cdot 10^{-19} \cdot 10^{23} = 1.6 \cdot 10^4$ К.

Количество зарядов на полюсах источника определяется электрической емкостью полюсов и напряжением источника $q_{пол} = C U_{ист}$, где C – электрическая емкость полюсов; $U_{ист}$ – напряжение на полюсах источника или ЭДС источника.

Надо заметить, что при разомкнутых клеммах, то есть при отсутствии тока количество зарядов на клеммах определяется строго по формуле емкости. Конструкции клеммных соединений, как правило, имеет электрическую емкость менее 100 пФ; величина всегда определяемая и небольшая. Отношение количества электронов (зарядов) на полюсах и в проводнике составляет $k = q_{пол} / q_{пров} = CU / (n_0 LS)$. Примем внешнюю цепь в виде проводника длиной 1 м сечением 1 мм², тогда это отношение составит $k = 100 \cdot 10^{-12} / (1.6 \cdot 10^{-12} \cdot 100 \cdot 10^{-2}) = 10^{-13}$.

Это отношение показывает, что поле одного заряда полюса должно перемещать во внешней цепи 10^{13} электронов, что довольно проблематично. При соединении конденсатора параллельно к клеммам источника емкостью 100 мкФ величина коэффициента остается большой $k = 10^{-7}$. Кроме того в обычном конденсаторе заряды противоположного знака связаны друг с другом и никак не связаны с зарядами внешней цепи. Емкостные заряды полюсов источника также связаны друг с другом, но не с подвижными зарядами внешней цепи. Каких-либо физических законов, предусматривающих избыточные заряды в объеме проводника, не существует. Экспериментов, подтверждающих наличие избыточных зарядов в объеме проводника, также не имеется. Кроме того при наличии объемных избыточных зарядов уменьшится механическая прочность материала.

Для обеспечения достаточной мощности источника необходимо, чтобы суммарная сила поля, действующая на заряды в проводнике, должна быть равна сторонней силе, действующей на полеобразующие заряды полюсов.

В стационарном режиме сила $F_{пров}$, движущая заряды в проводнике,

равна движущей силе поля, то есть силе, действующей со стороны избыточных зарядов полюсов $F_{пол}$, а эта сила должна быть равна сторонней силе $F_{стор}$, перемещающей заряды в источнике к полюсам, $F_{пров} = F_{пол} = F_{стор}$.

По принципу суперпозиции полей и в соответствии с моделью свободных электронов полная сила равна в проводнике и на полюсах равна суммарной силе, действующей на электроны соответственно в проводнике и на полюсах $fI_{стор} N_{пол} = fI_{пров} N_{пров}$, где $fI_{стор}$ и $fI_{пров}$ – силы сторонние и силы поля, действующие на электроны; $N_{пол}$ и $N_{пров}$ – число зарядов на полюсах и в проводнике.

Можно предполагать, что реальное напряжение (разность потенциалов) на полюсах не связано с зарядами на полюсах. При изменении емкости полюсов происходит изменение числа электронов на полюсах $N_{пол}$, а соответственно, для соблюдения равенства должна изменяться сила $fI_{стор}$. Такому «авторегулированию» трудно подобрать какое-либо объяснение в рамках известных физических законов. Однако по существующей модели величины сил, действующих на заряды, определяется напряженностью поля в проводнике. Полная величина силы, действующей на все электроны проводника, рассчитывалась по формулам:

$$F_{пров} = fI_{пров} N_{пров} = eE / n_0 L S = e (U / L) n_0 L S = \\ = 1.6 \cdot 10^{-19} \cdot (12 / 1) \cdot 10^{23} \cdot 10^{-6} \cdot 10^6 \cdot 1 = 2 \cdot 10^4 \text{ Н} = 2000 \text{ кгс}.$$

Количество зарядов на полюсах при известных напряжении $U_{ист} = 12$ В и емкости $C = 100$ пФ определяется единственным способом – по формуле конденсатора:

$$q_{пол} = C U_{ист} = 100 \cdot 10^{-12} \cdot 12 = 1.2 \cdot 10^{-9} \text{ К}.$$

Количество электронов, образующее такой заряд, равно $N_{пол} = q_{пол} / e = 1.2 \cdot 10^{-9} / 1.6 \cdot 10^{-19} = 0.75 \cdot 10^{10}$ эл.

При равенстве сил проводника и полюсов $F_{пров} = F_{пол}$ и с учетом разницы концентраций сторонняя сила, действующая на 1 электрон полюса, рассчитывается по формулам:

$$fI_{стор} = fI_{пров} N_{пров} / N_{пол} = (eE_{пров}) n_0 L S / (C U_{ист} / e) = \\ = \frac{e^2 (U_{ист} / L) n_0 L S}{C U} = \frac{e^2 n_0 S}{C} = \\ = 1.6 \cdot 10^{-19} \cdot 1.6 \cdot 10^{-19} \cdot 10^{-6} \cdot 1 \cdot 10^{23} \cdot 10^6 \cdot 1 \cdot 10^{-6} / 100 \cdot 10^{-12} = 2.5 \cdot 10^{-5} \text{ Н}$$

Согласно известным законам сила, действующая на заряды в проводнике, имеет электростатическую природу, точнее, электрическую природу, а силовое электрическое действие характеризуется напряженностью электрического поля. При известной величине силы, действующей со стороны электронов проводника на электроны полюса при равенстве этой силы с силой реакции электронов полюса в стационарном режиме, можно определить

напряженность электрического поля, создаваемого сторонними силами для разделения зарядов внутри источника на полюсы, по формулам:

$$E_{\text{пол}} = fI_{\text{стор}} / e = (I / e) f I_{\text{пров}} N_{\text{пров}} / N_{\text{пол}} = (I / e) (e U / L) n_0 L S / (C U / e) = e n_0 S / C.$$

Величина напряженности на всей длине обмотки источника должна быть как на полюсе и соответственно равной:

$$E_{\text{пол}} = 1.6 \cdot 10^{-19} \cdot 1 \cdot 10^{23} \cdot 10^6 \cdot 1 \cdot 10^{-6} / 100 \cdot 10^{-12} = 1.6 \cdot 10^{14} \text{ В / м.}$$

Величина падения напряжения на размере одного атома внутри полюса рассчитывается по формулам:

$$U = E_{\text{пол}} L_{\text{обм}} = 1.6 \cdot 10^{14} \cdot 3 \cdot 10^{-8} = 4.8 \cdot 10^4 \text{ В.}$$

Полученный результат означает, что электронная подсистема полюса сжата до энергий $E_{\text{пол}} = eU = 48\,000$ эВ. До таких же энергий будет сжата или растянута и ионная решетка металла. Такие потенциалы взаимодействия разрушают электронные оболочки с энергиями до десятков тысяч электрон-вольт.

Практически напряженности гораздо меньших значений ($E = 10^4 - 10^5$ В/см) приводят к электрическому пробое.

Образование избыточных зарядов на полюсах источника может происходить при перемещении зарядов по проводнику и скапливании их на границах разрыва при отключенной цепи. Скорость перемещения зарядов в проводнике определяется из формулы тока:

$$I = e n_0 v_{\text{др}} S = e n_0 (s_{\text{др}} / t) S,$$

где n_0 – концентрация электронов в проводнике; $v_{\text{др}}$ – дрейфовая скорость движения электронов; $s_{\text{др}}$ – расстояние дрейфа зарядов в проводнике; t – время дрейфа; S – площадь сечения проводника.

Для переменного тока частотой $f = 50$ Гц время перемещения зарядов в одну сторону равно $t = 0.01$ с. Средняя величина пути дрейфа заряда за время t при токе 10 А и сечении проводника 1 мм² составляет $s_{\text{др}} = I t / e n_0 S = 1000 \cdot 0.01 / 1.6 \cdot 10^{-19} \cdot 10^{23} = 6.25 \cdot 10^{-4}$ см = 6.25 мкм.

Как видно из простого и однозначного расчета, при переменном токе на полюсах источника заряды не накапливаются, во-первых, потому, что расстояние перемещения меньше, чем размер полюса, во-вторых, заряды перемещаются по всей цепи. Результаты расчетов по силе действия и по движению при переменном токе явно не согласуются с практикой. В то же время все элементы расчета однозначны и не содержат неопределенностей. Поэтому несоответствие результатов с практикой указывает на то, что избыточные

электрические заряды на полюсах источника не обеспечивают движение электронов во внешней цепи не связано с гипотетическими зарядами на полюсах и с их предполагаемым электростатическим полем. Из приведенного расчета становится очевидным, что механизм формирования электрического тока электрическим полем зарядов полюсов источника не согласуется с общими законами электростатики и основами электроники твердого тела.

Можно предполагать, что движущей силой зарядов в металлах может быть кулоновское взаимодействие между валентными электронами, находящимися на атомных орбиталях [1; 2].

Целью работы являлось определение количества избыточных электрических зарядов на полюсах источника электрической энергии и их вклада в создание электрического тока во внешней цепи на основе законов классической физики.

Выводы:

1. Электрические заряды на полюсах источника не играют существенной роли в формировании электрического поля в проводнике и соответственно в создании электрического тока во внешней цепи.

2. Теоретический расчет на основе практических сведений показал, что в замкнутой цепи переменного тока электрический ток создается при электростатически нейтральных полюсах источника тока, что указывает на близкодействующий кулоновский характер сил взаимодействия электронных орбиталей атомов проводника при протекании тока.

Список использованных источников

1. Волков, С. С. Ионно-нейтрализационная модель работы гальванического элемента / С. С. Волков, А. А. Аристархова, Ю. Е. Дмитриевский и др. // Известия РАН. Сер. физическая. – 2010. – Т. 74. – № 2. – С.393–399.

2. Volkov, S. S. Investigating the Charge States of Atoms and the Directed Movement of Electrons in a Metal / S. S. Volkov, A. A. Aristarkhova, Ju. Je. Dmitrevsky, T. I. Kitaeva, S. V. Nikolin, N. L. Puzevitch, V. A. Sablin, M. Ju. Timashev, V. V. Truchin // Bulletin of the Russian Academy of Sciences. Physic. – 2012. – Vol. 76. – No. 5. – Pp. 56–564.

References

1. Volkov S. S., Aristarkhova A. A., Dmitrevsky Ju. Je., Kitaeva T. I., Nikolin S. V., Timashev M. Ju., Tolstogousov A. B., Truchin V. V., Shevtchenko N. P. Ion neutralization model of galvanic cell operation. Proceedings of the Russian Academy of sciences. Ser. Physical, 2010, T. 74, No. 2, pp. 393–399.

2. Volkov S.S., Aristarkhova A.A., Dmitrevsky Ju.Je., Kitaeva T.I., Nikolin S.V., Puzevitch N.L., Sablin V.A., Timashev M.Ju., Truchin V.V. Investigating the Charge States of Atoms and the Directed Movement of Electrons in a Metal. Bulletin of the Russian Academy of Sciences. Physic, 2012, Vol. 76, No. 5, pp. 561–564.

Поступила 15.10.15 г.

СО Д Е Р Ж А Н И Е

ГУМАНИТАРНЫЕ НАУКИ

- Зейналов Гусейн Гардаш оглы**
Проблемы инновации и традиции в науке и общественном развитии 8
- И. А. Зеткина, О. С. Шулепова**
Методологические аспекты взаимодействия гуманитарных и естественно-научных дисциплин 16

ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ

- М. В. Лadoшкин, С. В. Васекин**
Опыт апробации новых модулей основных образовательных программ по УГС образование и педагогические науки (физико-математические науки, математика) 22
- Н. В. Вознесенская, Н. Н. Хвастунов**
Популяризация научно-технического творчества посредством организации конкурсов по робототехнике 28
- Ж. А. Сарванова**
Совокупность задач для обучения учащихся основной школы применению метода площадей при решении геометрических задач 34
- Т. В. Кормилицына, М. Ф. Тарасова**
Исторический экскурс в российскую информатику как инструмент формирования компетенций бакалавров 39
- В. К. Свешников, А. Ф. Базаркин**
Разработка компьютерной лабораторной работы по физике «Моделирование и компьютерный расчет работы выхода оксидного катода» 44

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

- А. Ф. Банишев, А. А. Банишев**
Обсуждение механизмов фотолюминесценции и механолюминесценции мелкодисперсного порошка люминофора $\text{SrAl}_2\text{O}_4:(\text{Eu}^{2+}, \text{Dy}^{3+})$ 53
- В. П. Бабенко, В. К. Битюков**
Особенности моделирования драйвера двигателя в системе Electronics Workbench 60
- М. А. Васютин, Н. Д. Кузьмичев, Д. А. Шилкин, И. А. Савинов**
Критический ток пленок нитрида ниобия в магнитном поле 76
- Д. К. Чуракова, А. А. Аириатов**
Экспериментальное определение кривой силы света светодиодов при использовании вторичной оптики в виде зеркальной поверхности 82
- С. С. Волков, С. В. Николин, Ю. Е. Дмитриевский, Н. Л. Пузевич, В. В. Дмитриев, Л. А. Ивлева**
Исследование движения электронов в проводниках при постоянном и переменном токах 86

CONTENTS

HUMAN SCIENCES

- Zeynalov Guseyn Gardash ogly**
The problems of innovation and tradition in science and public development 8
- I. A. Zetkina, O. S. Shulepova**
Methodological aspects of interaction between humanitarian and natural-scientific disciplines 16

SCIENCE

- M. V. Ladoshkin, S. V. Vasekin**
Programs on the GHS education and pedagogical science 22
- N. V. Voznesenskaya, N. N. Khvastunov**
Popularization of science and engineering creativity by holding robotics competition 28
- Zh. A. Saranova**
A set of objectives for the education of students primary schools use the method of squares when solving geometric problems 34
- T. V. Kormilitsyna, M. F. Tarasova**
Recall the history of russian computer science as a tool of formation of competences of bachelors 39
- V. K. Sveshnikov, A. F. Bazarkin**
Development of a computer laboratory work in physics "The modeling and computer calculation of the work function of the oxide cathode" 44

ENGINEERING SCIENCE

- A. F. Banishev, A. A. Banishev**
Discussion of the mechanisms of photoluminescence and mechanoluminescence fine powder phosphor $\text{SrAl}_2\text{O}_4:(\text{Eu}^{2+}, \text{Dy}^{3+})$ 53
- V. P. Babenko, V. K. Bityukov**
Simulating of a motor driver using Electronics Workbench 60
- M. A. Vasyutin, N. D. Kuzmichev, D. A. Shilkin, I. A. Savinov**
Critical current of niobium nitride in magnetic field 76
- D. K. Churakova, A. A. Ashryatov**
Experimental determination of curves of intensity leds when using as a secondary optics mirror surface 82
- S. S Volkov, S. V. Nikolin, Yu. Ye. Dmitrevsky, N. L. Puzevich, V. V. Dmitriev, L. A. Ivleva**
The movement of electrons in conductors when direct and alternating currents 86

ПАМЯТИ ВЛАДИМИРА СЕМЁНОВИЧА МОРДЮКА

7 октября 2015 года на 81 году жизни скончался известный специалист в области материаловедения, доктор технических наук, профессор Владимир Семёнович Мордюк – основатель научной школы материаловедения.

Более пятидесяти лет Владимир Семёнович занимался научными разработками выращивания и исследования монокристаллов применительно к совершенствованию структуры и эксплуатационных свойств основных материалов светотехники и электроники – тугоплавких металлов, люминофоров, спеченной керамики и др. В последние десятилетия использовал компьютерное моделирование физических процессов в материалах. Им создано до десятка компьютерных моделей в области динамики движения дислокаций и образования трещин в твердых телах, моделей по испарению тугоплавких металлов, модели угнетения люминесценции напряжениями от дислокаций, использующихся как в научных целях, так и в образовательном процессе. Он участвовал в работе более 70-ти международных и отечественных конференций, опубликовал свыше 350 научных работ, в том числе три книги (по тугоплавким металлам, люминофорам и основам материаловедения). Издано 3 тома межведомственных справочников по исследованию влияния факторов космического пространства и наземных ядерных установок на показатели их качества и стабильности в эксплуатации. Он автор 16 изобретений и патентов, являлся членом Совета по присуждению ученых степеней МГУ им. Н. П. Огарева по оптике и светотехнике.

Владимира Семёновича Мордюка всегда отличала высокая активность, принципиальность, большая эрудиция и широта взглядов, что создало ему авторитет среди ученых, инженеров и студентов.

Он создал научную школу учеников по материаловедению, которые продолжают исследования по совершенствованию эксплуатационных свойств материалов, используемых в светотехнической и электронной промышленности. Работы Владимира Семёновича хорошо известны и за рубежом.

На протяжении всей научной деятельности В. С. Мордюк постоянно участвовал в воспитании молодого поколения. Практически с начала научной деятельности сотрудничал с Мордовским госуниверситетом. Старался прививать молодым сотрудникам и студентам стремление к научной деятельности.

Мордюк В. С. имел награды: Медаль «За доблестный труд»; Бронзовая медаль «Изобретатель СССР»; Active Member of this «New York Academy of Sciences»; Диплом Минобрнауки РФ за научное руководство работой, удостоенной медали открытого Всероссийского конкурса научных работ студентов; занесен в энциклопедическую книгу «Ученые России»; Почетное звание «Заслуженный деятель науки и образования» Российской Академии Естественных наук.

Светлая память о крупнейшем специалисте в области материаловедения в нашей стране, умном и чутком товарище навсегда сохранится в наших сердцах.

Редакционная коллегия и группа товарищей

**ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ РУКОПИСЕЙ,
ПРЕДСТАВЛЯЕМЫХ В РЕДАКЦИЮ ЖУРНАЛА
«УЧЕБНЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ В ОБРАЗОВАНИИ»**

Журнал включает разделы:

- 1. Проблемы, теория и практика учебного эксперимента в образовании.**
- 2. Современные научные достижения в технике эксперимента.**
- 3. Лекционные демонстрации в преподавании естественно-научных, технических и гуманитарных дисциплин.**
- 4. Лабораторные приборы и установки.**
- 5. Учебный эксперимент и вопросы формирования ценностной системы личности.**
- 6. Компьютерные технологии в образовании.**
- 7. Проблемы управления образовательным процессом.**

К публикации принимаются материалы, касающиеся результатов оригинальных исследований и разработок, не опубликованные и не предназначенные для публикации в других изданиях. Объем статьи 6–12 с. машинописного текста и не более 2–4 рисунков.

1. В редакцию необходимо представлять следующие материалы:

1.1 *Рукопись статьи* – 1 экз. в печатном виде на листах формата А4 (оформление – см. п. 2) и 1 экз. в электронном виде (оформление – см. п. 3). Бумажный вариант должен полностью соответствовать электронному.

1.2 *Ходатайство* на имя главного редактора журнала члена-корреспондента АЭН РФ, доктора технических наук, профессора В. К. Свешникова, подписанное руководителем организации и заверенное печатью.

1.3 *Два экземпляра рецензии*, подписанные специалистом и заверенные печатью учреждения. В рецензии отражается актуальность раскрываемой проблемы, оценивается научный уровень представленного материала и дается рекомендация об опубликовании статьи в журнале.

1.4 *Согласие* на размещение личных данных.

1.5 *Заявка* на публикацию в журнале.

1.6 *Лицензионный договор*.

1.7 *Сведения об авторе(ах)*: ФИО (полностью), ученая степень, ученое звание, должность, место работы (место учебы или соискательство), контактные телефоны, факс, e-mail, почтовый индекс и адрес.

1.8 Фамилия, имя, отчество автора(ов), название статьи, аннотация (не более 0,3 стр.), ключевые слова и фразы на русском и английском языках.

1.9 В конце статьи – список использованных источников на русском и английском языках (оформление – см. п. 2.5.).

1.10 Индекс УДК (универсальная десятичная классификация), ББК (Библиотечно-библиографическая классификация).

2. Правила оформления рукописи статьи в печатном виде:

2.1 Текст рукописи набирается шрифтом Times New Roman размером 14 pt с межстрочным интервалом 1,5. Русские и греческие буквы и индексы, а также цифры набирать прямым шрифтом, а латинские – курсивом. Аббревиатуры и стандартные функции (Re, cos) набираются прямым шрифтом.

2.2 Размеры полей страницы формата А4 сверху и снизу по 20 мм, слева 30 мм, справа 15 мм.

2.3 Основной текст рукописи может включать формулы. Формулы должны иметь нумерацию (с правой стороны в круглых скобках). Шрифт формул должен соответствовать требованиям, предъявляемым к основному тексту статьи (см. п. 2.1). В статье должен быть необходимый минимум формул, все второстепенные и промежуточные математические преобразования выносятся в приложение к статье (для рецензента).

2.4 Основной текст рукописи может включать таблицы, рисунки, фотографии (черно-белые или цветные). Данные объекты должны иметь названия и сквозную нумерацию. Качество предоставления рисунков и фотографий – высокое, пригодное для сканирования. Шрифт таблиц должен соответствовать требованиям, предъявляемым к основному тексту статьи (см. п. 2.1). Шрифт надписей внутри рисунков – Times New Roman № 12 (обычный).

2.5 Список использованных источников размещается в конце статьи в алфавитном порядке. Ссылки на литературу в тексте заключаются в квадратные скобки. Оформление списка следует проводить в соответствии с требованиями ГОСТ 7.1-2003.

2.6 Список использованных источников с русскоязычными и другими ссылками в романском алфавите (References) оформляется по стандартам SCOPUS.

3. Правила оформления рукописи статьи в электронном виде

3.1 В электронном виде необходимо представить два текстовых файла: 1) рукопись статьи; 2) информация об авторе(ах). Запись файлов выполняется в текстовом редакторе MicrosoftWord (расширения .doc или .rtf) на дискету или лазерный диск, а также возможна отправка на электронную почту (см. ниже). В названии файлов указывается фамилия автора(ов).

3.2 Все графические материалы (рисунки, фотографии) записываются в виде отдельных файлов в графических редакторах CorelDraw, Photoshop и др. (расширения .cdr, .jpeg, .tiff). Все графические материалы должны быть доступны для редактирования.

4. Общие требования:

4.1 Редакция оставляет за собой право дополнительно назначать экспертов.

4.2 Рукописи, не соответствующие изложенным требованиям, к рассмотрению не принимаются.

4.3 Рукописи, не принятые к опубликованию, авторам не возвращаются. Редакция имеет право производить сокращения и редакционные изменения текста рукописей.

4.4 На материалах (в том числе графических), заимствованных из других источников, необходимо указывать авторскую принадлежность. Всю ответственность, связанную с неправомерным использованием объектов интеллектуальной собственности, несут авторы рукописей.

4.5 Гонорар за опубликованные статьи не выплачивается.

4.6 Рукописи статей с необходимыми материалами представляются ответственному секретарю журнала по адресу:

430007, г. Саранск, ул. Студенческая, д. 11 а, каб. 221. Тел.: (8342) 33-92-82; тел./факс: (8342) 33-92-67; эл. почта: edu_exp@mail.ru

5. Порядок рассмотрения статей, поступивших в редакцию:

5.1 Поступившие статьи рассматриваются в течение месяца.

5.2 Редакция оставляет за собой право отклонять статьи, не отвечающие установленным требованиям или тематике журнала. Рукописи, не принятые к опубликованию, авторам не возвращаются.

5.3 Редакция не вступает в дискуссию с авторами отклоненных материалов и не возвращает рукописи.

5.4 Редакция не несет ответственность за допущенные авторами ошибки и плагиат в содержании статей.

5.5 Редакция в течение 7 дней уведомляет авторов о получении статьи. Через месяц после регистрации статьи редакция сообщает авторам о результатах рецензирования и о сроках публикации статьи.

5.6 С дополнительной информацией о журнале можно ознакомиться на сайте <http://www.mordgpi.ru/science/journal-experiment>.

5.7 Адрес редакции: 430007, Республика Мордовия, г. Саранск, ул. Студенческая, 11 а, каб. 221. Тел.: (834-2) 33-92-83 (главный редактор), (834-2) 33-92-82 (ответственный секретарь); тел./факс: (8342) 33-92-67.

Осуществляется подписка на научно-методический журнал
«Учебный эксперимент в образовании»

С правилами оформления и представления статей для опубликования можно ознакомиться на сайте института в сети Интернет www.mordgpi.ru, либо в редакции журнала.

Журнал выходит 4 раза в год, распространяется только по подписке. Подписчики имеют преимущество в публикации научных работ. На журнал можно подписаться в почтовых отделениях: индекс в Каталоге Российской прессы «Почта России» 31458.

Подписная цена на полугодие – 396 руб. 66 коп. Журнал зарегистрирован в Министерстве Российской Федерации по делам печати, телерадиовещания и средств массовых коммуникаций, ПИ № ФС77-43655 от 24 января 2011 г.

По всем вопросам подписки и распространения журнала, а также оформления и представления статей для опубликования обращаться по адресу: 430007, г. Саранск, ул. Студенческая, д. 11а, каб. 221.

Тел.: (8342) 33-92-82; тел./факс: (8342) 33-92-67; эл. почта: edu_exp@mail.ru.

УЧЕБНЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ В ОБРАЗОВАНИИ
Научно-методический журнал
№4 (76)

Журнал зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи,
информационных технологий и массовых коммуникаций
Свидетельство о регистрации ПИ № ФС77-43655 от 24 января 2011 г.

Свободная цена

Подписано в печать 09.12.2015
Дата выхода в свет 14.12.2015
Формат 70x100 1/16. Печать ризография.
Гарнитура Times New Roman. Усл. печ. л. 15,5.
Тираж 250 экз. Заказ № .

Редакция журнала «Учебный эксперимент в образовании»
430007, г. Саранск, Республика Мордовия, ул. Студенческая, д. 11а, каб. 221.
Отпечатано в редакционно-издательском центре
ФГБОУ ВПО «Мордовский государственный педагогический
институт им. М. Е. Евсевьева»
430007, Республика Мордовия, г. Саранск, ул. Студенческая, 13