

ISSN 2079-875X

УЧЕБНЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ В ОБРАЗОВАНИИ

Научно-методический журнал

ГУМАНИТАРНЫЕ НАУКИ
∞
ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ
∞
ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

1/2014

Scientific and methodological journal

**Uчебnyi experiment
w obrazovanii**

**Научно-методический
журнал**

**№ 1 (69) (январь - март)
2014**

УЧРЕДИТЕЛИ ЖУРНАЛА:

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

ФГБОУ ВПО «Московский
государственный университет
имени М. В. Ломоносова»

Академия государственного
управления при Президенте
Азербайджанской Республики

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) 33-92-82
(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
«Пресса 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. Ладошкин – 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 (г. 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)

*Издание журнала одобрено Министерством образования и
науки Российской Федерации*

*Издание реферируется ВИНТИ РАН
Журнал включен в РИНЦ*

*Журнал издан за счет средств проекта 2.2.1 Решение комплексных
проблем в области физики и математики на базе научно-
образовательного центра и научно-исследовательских лабораторий
Программы стратегического развития института на 2012 – 2016 гг.*

ISSN 2079-875X

© «Учебный эксперимент
в образовании», 2014

Scientific and methodological
journal

№ 1 (69) (january - march)
2014

JOURNAL FOUNDER:

FSBEIHPE "Mordovian State
Pedagogical Institute named
after M. E. Evseyev"

FSBEIHPE "Moscow State
University after M. Lomonosov"

The Academy of state
management under
the President
of Azerbaijan Republic

Has been published since
January 1997

Quarterly issued

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

Telephone numbers:
(834-2) 33-92-82
(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 cata-
logue "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, associate Professor

EDITORIAL BOARD MEMBERS

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

EDITORIAL COUNCIL

- V. V. Kadakin** – candidate of pedagogical Sciences, associate Professor (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, associate Professor (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)

*Publication of the magazine approved by the Ministry of education and science of the Russian Federation
The edition is reviewed by VINITI
The journal is included in the RISC*

Journal is published by the project 2.2.1 the Solution of complex problems in the field of physics and mathematics on the basis of scientific and educational centre and scientific research laboratories of the strategic development Program of the Institute for 2012-2016

ISSN 2079-875X

© «Uchebnyi experiment w
obrazovaniu», 2014

ГУМАНИТАРНЫЕ НАУКИ

УДК 1(045)

ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ СОВРЕМЕННОЙ НАУКИ

Зейналов Гусейн Гардаш оглы

ФГБОУ ВПО «Мордовский государственный педагогический институт им. М. Е. Евсевьева», г. Саранск, Российская Федерация

Аннотация. С последней четверти XX века наука обретает новые качества. Современная «большая наука» выступает как «машина» по производству научных открытий. В структуре научного знания особую значимость получают проблемы методологии и «самосознания науки» (формируются такие дисциплины как «философия науки»). Необходимым становится создание новой организационной структуры системным взаимодействием научных знаний, совершенствование системы обслуживания, информационно-поисковых систем.

Ключевые слова: современная постнеклассическая наука, инноватика, принцип предвидения, методология, антропный принцип, диалог, гуманизация, экологизация, «большая наука».

FEATURES OF DEVELOPMENT OF MODERN SCIENCE

Zeynalov Huseyn

Abstract. About the last quarter of the twentieth century, science acquires new qualities. Modern "big science" acts as a "machine", the conveyor for the production of scientific discoveries and scientific knowledge in the structure of the special importance of getting problems of methodology and "consciousness science" (formed by such disciplines as "philosophy of science"). It becomes necessary on the basis of innovation policy to create a new organizational structure interaction system of scientific knowledge, improving service, information retrieval systems.

Keywords: modern postnonclassical science, Innovations, foresight principle, methodology, the anthropic principle, dialogue, humanization, ecologization, "big science".

Современная наука – продукт культуры XX века. Мы не совершим большую ошибку, если отметим, что в начале XXI века наша современная культура, совершив примерно исторический круг в четверть века во времени, вернулась к тем же проблемам, которые стояли еще перед античной цивилизацией. Сходство ситуаций заключается не только в признании целостности мироздания, общества, ноосферы, биосферы и включенности в нее человека, но и в актуальности проблем физики при господстве парадигмы глобального эволюционизма биологии, синергизма. Совокупность этих проблем отчасти определяет развитие современной науки.

Наука – это проблеморешающая деятельность в рамках культуры. Как пишет Ю. В. Сачков в статье «Полифункциональность науки» «...науку принято определять как высокоорганизованную и высокоспециализированную деятельность по производству объективных знаний о мире, включающем и самого человека» [7, с.145]. Весь окружающий нас мир итог научного прогресса человечества. Это свидетельствует, что основная форма человеческого познания – наука в наши дни становится все более и более значимой и существенной частью реальности, определяет сущность будущего.

Примерно с последней четверти XX века в структуре научного знания особую значимость получают вопросы методологии, что связано с необходимостью создания метатеории, выявлением логики науки. Это – выход на новый уровень логических возможностей, когнитивно-ценностных установок, который возможен только на рефлексивном уровне развития само науки.

Важнейшим вопросом становится методология научное открытие как результат научной деятельности. Проблему методологии в работе «Новый Органон» как логика изобретения еще ставил Ф. Бэкон. Именно у Ф. Бэкона наука впервые выступает как научное исследование, организованное по прикладным сферам в исследовательские лаборатории. В этом плане, современная наука – «машина», конвейер по производству научных открытий. Механизм работы этого конвейера мы встречаем в работе известного ученого Р. Коллинза «Наука быстрых открытий как результат скрещивания интеллектуальных сетей». Он выдвигает интересную мысль: «Произошедшее социальное изменение интеллектуального мира состоит в том, что внимание фокусируется на быстро смещающемся переднем фронте исследований, а это, в свою очередь, есть результат технологизации данного фронта исследований. Ключом здесь является не столько материальное оснащение исследования, сколько, в более широком смысле, изобретение новых стандартизованных способов работы (техник) – вначале в математике, а затем в эмпирическом исследовании.

Эта новая исследовательская техника состоит из процедур, которыми можно манипулировать в целях совершения новых открытий, и в тоже время данная техника обеспечивает воспроизводимость результатов, а следовательно, возможность перенести их в неких стандартизованных формах в другие места. Такова машинерия совершения открытий, механизм, в котором путем многократных скрещиваний порождаются все новые и новые исследовательские техники, что еще более увеличивает скорость [научных] инноваций. Сеть исследовательских техник и приборов теперь образует симбиоз с межпоколенной человеческой сетью интеллектуалов. Происходит подлинная революция во внутренней организации интеллектуального мира, опрокидывающая закон малых чисел, который удерживает философское сообщество разделенным на фракции. Теперь в данной области появляется альтернативная организация, сфокусированная на быстром совершении открытий и оставляющая за собой шлейф научного консенсуса.[4, с. 3–4].

В этом огромном потоке обновлений научных знаний важнейшей функцией современной науки становится предвидение (опережение). «...наука – это искусство предвидения, – пишет В. Оствальд. Вся ее ценность в том, в какой мере и с какой достоверностью она может предугадать будущие события. Мертво всякое знание, которое ничего не говорит о будущем, и такому знанию должно быть отказано в почетном звании – наука» [5, с. 16]. На предвидении фактически основывается вся практика современного человека. Принцип предвидения (опережение) сегодня проникает в мировоззрение, все сегменты культуры и считается важным принципом современного глобального инновационного мышления.

Роль науки в современном обществе двоякая. С одной стороны, антициентистами она принижается, уходят в прошлое идеалы Просвещения и больше никто не верит в ее всесильность. Стало ясно – наука неспособна решать сложные социально-экономические, политические и духовно-нравственные проблемы современного общества. Теперь самой науке приходится доказывать обществу необходимость своего существования на основе практической результативности, что делает невозможным замкнуться ей в узкие академические рамки. Альтернативой подобному техническому действию становится создание новой парадигмы в науке. Новый грядущий этап в развитии современной науки обозначается как переход от парадигмы «жесткой науки» к «мягкой», ориентированной на учет переносимости природой антропогенных вторжений на базе равноправных партнерских взаимоотношений с окружающей человека средой. Только к середине XX века стало ясно, что представление о «жестком естествознании» было частью картезианско-ньютоновской парадигмы, парадигмы, которая должна быть преодолена современной наукой на этом пути делает важные шаги. Экологизация становится определяющей в развитии современной науки, где философия науки увеличивает гуманитарные компоненты и междисциплинарные исследования.

С другой стороны происходит увеличение роли науки в общественной жизни. Один из создателей атомной теории Фредерик Содди еще в начале XX века в одной из своих лекций нарисовал картину вечного изобилия. По его мнению, господство атомной энергии приведет к реализации царства небесного на Земле. Это же мы видим во всех теориях постиндустриального, информационного общества. Наука действительно становится основой принятия политических, социальных и хозяйственных решений. Формируется так называемая «большая наука», которая характеризуется увеличением финансовых затрат на исследования, количества научных работников, результативности науки и соответственно доли прикладных исследований в ней, необходимостью управления, планирования, организации и прогнозирования развития науки.

Технологически развитое современное общество не может существовать без нововведений, поэтому инновационная политика становится одной из важнейших особенностей науки XXI века. При этом старая организационная

структура классической науки не соответствует требованиям времени. Необходимым становится создание новой организационной структуры взаимодействия системы научных знаний, совершенствование системы обслуживания, информационно-поисковых систем, решение проблемы выбора публикаций, рационального использования времени, оптимизации личных контактов, совершенствование системы массовых публикаций, периодических изданий, постоянных конференций и т. д., которые также влияют на темпы развития науки как системы знаний и степень ее воздействия на общество. Происходит дисциплинарная организация науки и формирование ее как новой социальной организации, что в более полной мере соответствует ее инновационной роли в обществе.

Основным лозунгом современной науки становится «От знания к действию». При этом появляется новая оценка функционирования науки и научного потенциала. Все, даже фундаментальные исследования, так или иначе, должны быть релевантными и подчиненными общественным интересам, непосредственно интегрированными в процессы принятия экономических, экологических, политических и др. решений. Тем самым возрастает значимость науки для инноваций в экономике. Наука тем самым увеличивает деятельностную мощь тех социальных сфер, в которые она поставляет не только объяснения, но и модели структурирования реальности и альтернативные решения.

В XX веке происходит качественное изменение в развитии науки, которая превращается в непосредственную производительную силу общества. Наука из «падчерицы производства» превращается в «мать производства». Наука стала предопределять практику и многие производственные процессы. Она рождается в научных лабораториях и становится предпосылкой технической революции, задает направление образованию. В наше время постепенно происходит переход от проблемно ориентированной научно-технической деятельности к практико ориентированной, что требует укрепления связи между теорией и практикой, наукой и техникой, наукой и образованием. Да и финансирование современной прикладной науки требуется более весомых финансовых средств, чем теоретической. Требуется второй Галилей, который в своих новых «Диалогах» будет доказывать общественности, что «новая наука» имеет право на существование и должна быть профинансирована. В конечном счете, современное общество ожидает практических результатов и от прикладной и от теоретической науки.

Итак, в рамках науки XXI века широко обсуждаемым вопросом становится соотнесение теоретической науки с практическими областями исследования, т. к. требуется ускоренное производство научных знаний и сокращение сроков их внедрения в практику. С этой целью в рамках науки появляются лаборатории и другие новые структурные подразделения, частично организованные в виде временных рабочих коллективов с гибкой проектной организацией. Эти исследовательские организации выполняют весь спектр научно-исследовательских работ от фундаментальных исследований до вы-

пуска опытного образца. На передний план практики выдвигаются нанотехнологии. Здесь нанотехнология становится признанной ключевой и приоритетной научной сферой, не только потому, что она ведет к изменению всего современного научно-технического ландшафта, но прежде всего потому, что обществом в ближайшем будущем от нее ожидаются позитивные экономические, экологические и социальные результаты.

Поэтому важнейшей проблемой для современной науки становится коммерциализация деятельности науки. В свое время, если Аристотель отмечал, что человек с научной деятельностью, философией занимается не ради материальных благ. В наши дни основным показателем становится внедрение результатов в виде рыночных продуктов в функционирующие хозяйственные структуры, что связано с развитием новых форм поддержки инновационных наукоемких технологий. Проблема внедрения научных достижений и в современном обществе не решается автоматически, если не существует специального подразделения, в задачу которого входит стыковка научных и хозяйственных структур. Сама промышленность не в состоянии искать ученых, чьи научные разработки смогли бы стать основой новых рыночных продуктов. Многие полезные для практики научные достижения могут лежать годами на полках, не дойдя до промышленности и экономики. Поскольку расходы на развитие современной практико ориентированной науки, техники и образования становятся непомерными даже для развитых стран, то создаются особые организации, призванные решать эту задачу, синтезируя потребности и возможности промышленности и ученых. Во-первых, изучать потребность промышленности в научных ноу-хау, во-вторых, осуществлять целенаправленный поиск ученых и научных коллективов, способных генерировать нужные промышленности научные результаты и помогать сгенерироваться. Это и составляет организационную основу для проблемно-ориентированных исследований современной науки.

Важнейшей организационной формой современной науки, которая пронизывает сегодня все исследовательские области и научные дисциплины, является «проектная» форма деятельности, что означает участие в проектировании, направленных на решение конкретных социально-экономических проблем. Причем под проектированием понимается не конкретный вид инженерного проектирования, а некоторая проектная функция обязательно присущая современной научно-технической деятельности наряду с исследовательской, аналитической функцией. Проектное исследование требует объединения ученых из различных областей науки на конкретный отрезок времени для решения конкретной задачи.

В настоящее время особое значение приобретает оценка эффективности научной деятельности. Стоит заметить, что прилагательное «научное» здесь означает комплексное, а не только специально-научное и узкотехническое значение. В первую очередь это экологическая и социальная оценка. Здесь этика принимает на себя особую роль, поскольку многие возникающие в процессе научно-технического развития следствия не являются четко юри-

дически квалифицируемыми, но имеют определенную моральную окраску, т. к. исследователи и проектировщики больше не в состоянии объявлять себя этически нейтральными.

Современная наука базируется не только на научных знаниях, но и на многочисленных высказываниях, лежащих за пределами науки, основывающихся на спорных предчувствиях, эмпирическом опыте, прецедентах и т.п. Поэтому общественное мнение и общественность начинают играть самую решающую роль и от способности их убедить, во многом, зависит успех даже самого безнадежного научного предприятия. Именно этот факт называют философы науки и техники важной для современной научной деятельности. Можно согласиться с философом науки П. Фейерабенда, что здесь может пригодиться всё, что угодно, даже так называемые «локальные знания» потребителей проекта (ничего не запрещено).

Классическое естествознание и наука – монологические формы знания, где интеллект созерцает вещь и высказывается о ней. В постмодернистской культуре наблюдатель – часть исследуемого мира, активно взаимодействующей с наблюдаемым объектом и познание постнеклассической науки – диалогично, ориентируется не на объяснение субъекта, а на понимание. Диалог становится всеобщим методом. Там где есть взаимодействие, видится диалог. Как отмечает М. М. Бахтин: «Быть – значит общаться диалогически. Когда диалог кончается, все кончается» [1]. Согласно И. Пригожину «Описание природы – живой диалог, коммуникация, и она подчинена ограничениям, свидетельствующим о том, что мы – макроскопические существа, погруженные в реальный физический мир» [6, с. 371].

Постмодернистская наука больше интересуется образом самой себя как некоей социокультурной реальности, требуя гуманизации, включает в свой предмет человека, допуская элементы субъективности в объективно истинном знании. М. Хайдеггер писал, что человек теперь сам задает меру сущему, сам от себя и для себя определяя, что вправе считаться сущим [8, с. 143–176]. Развивая данную идею, И. Р. Пригожин фактически выдвигает антропный принцип в центр научного поиска и считает, что «природу невозможно описывать «извне», с позиций зрителя [6, с. 371]. Это – современная тенденция гуманизации науки. Полученный образ не является застывшим, окончательным, он ориентирован на непрерывное обновление, открыт инновациям.

Итак, главной чертой развития современной науки как детища культуры XX века являются: высокая социально-практическая ориентированность; коммерциализация, усиление антропного принципа, диалогичность, гуманизация, экологизация, ориентированность на общественные потребности и мнение, проектно ориентированность, превращение науки в некую систему по производству научных открытий, превращение в непосредственную производительную силу с появлением новых структурных подразделений – лабораторий.

Список использованных источников

1. Бахтин, М. М. Проблемы поэтики Достоевского / М. М. Бахтин [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://philosophy.allru.net/perv305.html>.

2. Зейналов, Г. Г. Философия и наука: проблемы взаимосвязи / Г. Г. Зейналов // Учебный эксперимент в образовании. – 2013. – № 3. – С. 4–9.
3. Зейналов, Г. Г. Поиски новой рациональности в науке / Г. Г. Зейналов // Учебный эксперимент в образовании. – 2012. – № 2. – С. 5–12.
4. Коллинз, Р. Наука быстрых открытий как результат скрещения интеллектуальных сетей / Р. Коллинз // Философия науки. – 2002. – № 2 (13). – С. 3–26.
5. Оствальд, В. Великий эликсир / В. Оствальд. – М. : Земля и фабрика, 1923. – 221 с.
6. Пригожин, И. Порядок из хаоса: новый диалог человека с природой / И. Пригожин, И. Стенгерс; пер. с англ. – М. : Прогресс, 1986. – 347 с.
7. Сачков, Ю. В. Полифункциональность науки / Ю. В. Сачков // Проблема ценностного статуса науки на рубеже XXI века. – Санкт-Петербург, 1999. – С. 145–160.
8. Хайдеггер, М. Слова Ницше «Бог мертв» / М. Хайдеггер // Вопросы философии. – 1990. – № 7. – С. 143–176.

References

1. Bakhtin M. M. Problems of Dostoevsky's, Available at: [http:// philosophy.allru.net/perv305.html](http://philosophy.allru.net/perv305.html).
2. Zeynalov G. G. Philosophy and science: the problem of the relationship. Uchebnyi experiment w obrazovanii, 2013, No 3, pp. 4–9.
3. Zeynalov G. G. Search for a new rationality in science. Uchebnyi experiment w obrazovanii, 2012, No 2, pp. 5–12.
4. Collins R. Science fast discoveries as a result of crossing intelligent networks. Philosophy of Science, 2002, No (13), pp. 3–26.
5. Ostwald W. Great Elixir. Moscow: Land and factory, 1923, 221 p.
6. Prigogine I. Order out of chaos: a new dialogue with nature. Moscow: Progress, 1986, 347 p.
7. Sachkov y. V. Polyfunctionality science. The problem of the value status of science in the XXI century, St. Petersburg, 2004, 1999, p. 145–160.
8. Heidegger M. The words of Nietzsche "God is dead". Questions of philosophy, 1990, No 7, p. 143–176.

ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ

УДК 519.64

ПРИМЕНЕНИЕ ЧИСЛЕННЫХ МЕТОДОВ ПРИ РЕШЕНИИ ПРАКТИЧЕСКИ НАПРАВЛЕННЫХ ЗАДАЧ В ТЕХНИЧЕСКИХ ВУЗАХ

Н. Д. Кузьмичев, Е. А. Лапшина

*ФГБОУ ВПО «Мордовский государственный университет
имени Н. П. Огарёва», г. Саранск, Российская Федерация*

Аннотация. В работе рассматривается применение численных методов математической физики при изучении практических задач на занятиях со студентами технических вузов. Изучен процесс нагревания цилиндра и рассчитано распределение температуры в разные моменты времени.

Ключевые слова: математическое моделирование, численные методы, уравнение теплопроводности, метод конечных разностей, метод прогонки.

APPLICATION OF NUMERICAL METHODS FOR SOLVING ALMOST TASKS AIMED AT TECHNICAL UNIVERSITIES

N. D. Kuzmichev, E. A. Lapshina

Abstract. Discusses the application of numerical methods of mathematical physics when studying the practical tasks in the classroom with students of technical universities. Study of the process of heating of a cylinder and the calculated temperature distribution in the different moments of time.

Keywords: mathematical modeling, numerical methods, the heat equation, finite difference method, method of driving.

При математическом моделировании многих практических задач техники и естественных наук важную роль играют численные методы. В этой связи в технических вузах среди разделов дисциплин, которые изучают студенты, математическая физика и численные методы занимают особое место. При изучении численных методов важным является понимание самого алгоритма для анализа исходных данных и полученных результатов. Решение задач значительно ускоряется при реализации численных методов на компьютерной технике с использованием эффективных языков программирования.

Современные компьютерные технологии позволили по-новому взглянуть на вычислительную математику. Часть старых проблем, связанных с ограниченными возможностями ручных вычислений, такие как число итераций, количество арифметических действий, объем вводимой и получаемой информации стали менее актуальны. На первый план выдвинулись другие

проблемы, а именно, проблема погрешностей вычислений, внедрения новых быстродействующих алгоритмов обработки больших объемов информации, визуализация информации. Были разработаны специальные математические пакеты, такие как MatLab, MathCad, Maple и другие. Использование математических пакетов имеет ряд преимуществ, среди которых не только значительная экономия времени, но и возможность наглядного представления полученных результатов.

Следует уделять определенное время не только решению прикладных задач численных методов с помощью математических пакетов, но и теоретическим основам курса и программированию алгоритмов на современных языках, что позволит сформировать у студентов умений разрабатывать и реализовывать новые алгоритмы для решения прикладных задач.

Одновременно возник целый ряд новых задач, которые в силу все более широкого внедрения численных методов в практику инженерных и научных вычислений, которые должны быть включены в изучаемый курс, например, задачи, связанные с анализом случайных процессов.

Так как структура и содержание курса численных методов должны обеспечивать сознательное усвоение компонентов содержания и логических связей между ними, формирование исследовательских навыков и усиление математической и компьютерной подготовки специалиста, то возникает необходимость выбора форм и методов обучения, адекватных содержанию. Одной из таких форм является индивидуальная работа студента, которая может быть реализована в виде индивидуального задания, индивидуального вычислительного эксперимента, реферата, курсового проекта. Индивидуальный компьютерный эксперимент проводится в рамках лабораторной работы, эта форма имеет в курсе численных методов наибольшее значение.

Математическое моделирование в машиностроении, развитие практических навыков применения вычислительной математики и анализа результатов особенно актуальны в решении практически направленных задач.

Например, в машиностроительном производстве часто приходится изготавливать клепочное соединение. При производстве указанного соединения клепку желательно равномерно нагреть до температуры T_{\max} .

Для контроля качества и надежности клепочного соединения необходимо знать распределение температуры внутри клепки.

Распределение температуры можно определить из решения ниже приведенной начально-краевой задачи для уравнения теплопроводности в цилиндрической геометрии.

Задача нагревания цилиндрической клепки

Начальная температура клепки T_0 , а температура боковой и торцевых поверхностей изменяются по законам $T_R(t)$ и $T_h(t)$ соответственно. Данная начально-краевая задача имеет следующий вид [1]:

$$\frac{\partial u}{\partial t} = a^2 \left(\frac{\partial^2 u}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial u}{\partial r} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \right); t \in [0, t_{max}]; r \in [0, R]; z \in [-H, H]; \quad (1)$$

$$\begin{aligned} u(r = R, z, t) &= T_R(t), \quad u(r, z = \pm H) = T_H(t); \\ u(r, z, t = 0) &= T_0 \end{aligned} \quad (2)$$

Рассмотрим упрощенную задачу для двух переменных в одномерной геометрии (геометрия длинного цилиндра):

$$\frac{\partial u}{\partial t} = a^2 \left(\frac{\partial^2 u}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial u}{\partial r} \right); t \in [0, t_{max}]; r \in [0, R]; \quad (3)$$

$$\begin{aligned} u(R, t) &= T_R(t); \\ |u(0, t)| &< \infty \\ u(r, 0) &= T_0. \end{aligned} \quad (4)$$

Введем следующую пространственно-временную сетку с шагами h , τ соответственно по переменным r , t :

$$r_i = ih, i = 0, 1, \dots, I; t^k = k\tau, k = 0, 1, \dots, K,$$

и на этой сетке будем аппроксимировать дифференциальную задачу (3), (4) методом конечных разностей [2; 3] на верхнем временном слое $t^{k+1} = (k+1)\tau$ по явной и неявной схемам:

$$\frac{u_i^{k+1} - u_i^k}{\tau} = \frac{a^2}{h^2} (u_{i+1}^k - 2u_i^k + u_{i-1}^k) + \frac{a^2}{2ih^2} (u_{i+1}^k - u_{i-1}^k); \quad (5)$$

$$\frac{u_i^{k+1} - u_i^k}{\tau} = \frac{a^2}{h^2} (u_{i+1}^{k+1} - 2u_i^{k+1} + u_{i-1}^{k+1}) + \frac{a^2}{2ih^2} (u_{i+1}^{k+1} - u_{i-1}^{k+1}); i=1 \dots, I-1; k=0, 1, \dots, K-1. \quad (6)$$

Выберем три произвольных сечения, и запишем неявную схему (6) в следующей форме:

$$\lambda \left(1 - \frac{1}{2i} \right) u_{i-1}^{k+1} - (1 + 2\lambda) u_i^{k+1} + \lambda \left(1 + \frac{1}{2i} \right) u_{i+1}^{k+1} = -u_i^k. \quad (7)$$

Из выражения (7) видно, что оно представляет собой систему линейных алгебраических уравнений. Здесь матрица уравнения (7) имеет 3-х диагональный вид:

$$A = \begin{bmatrix} -(1+2\lambda) & \frac{3}{2}\lambda & 0 & \dots & 0 \\ \frac{3}{4}\lambda & -(1+2\lambda) & \frac{5}{4}\lambda & \dots & 0 \\ 0 & \frac{5}{6}\lambda & -(1+2\lambda) & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & \dots & -(1+2\lambda) \end{bmatrix}, \quad (8)$$

где $\lambda = \frac{a^2\tau}{h^2}$ – сеточное число Куранта; u_{i-1}^{k+1} , u_i^{k+1} , u_{i+1}^{k+1} , ($i = \overline{1, I-1}$), – векторы значений сеточной функции.

Решение систем уравнений с трехдиагональной матрицей осуществляется методом прогонки. К достоинству метода прогонки относится его абсолютная устойчивость, поскольку аппроксимация осуществляется на верхнем временном слое (неявно) с порядком $O(\tau + h^2)$.

Запишем уравнение (7) в виде удобном для дальнейшего анализа:

$$\begin{cases} -(1+2\lambda)u_1^{k+1} + \frac{3}{2}\lambda u_2^{k+1} = -u_1^k - \frac{1}{2}\lambda u_0^{k+1}; \\ \lambda\left(1 - \frac{1}{2i}\right)u_{i-1}^{k+1} - (1+2\lambda)u_i^{k+1} + \lambda\left(1 + \frac{1}{2i}\right)u_{i+1}^{k+1} = -u_i^k, i = 2, \dots, I-2; \\ \lambda\left[1 - \frac{1}{2(I-1)}\right]u_{I-2}^{k+1} - (1+2\lambda)u_{I-1}^{k+1} = -u_{I-1}^k - \lambda\left[1 + \frac{1}{2(I-1)}\right]u_I^{k+1}. \end{cases} \quad (9)$$

Начальные условия (4) входят в правые части уравнений (7) и (9) т.е. : $u_i^0 = T_0, i = 0, 1, \dots, I$.

Граничное условие, заданное на поверхности цилиндра, имеет вид:

$$u_I^k = T_R(k\tau), k = 0, 1, \dots, K.$$

Неопределенными остаются значения температуры на оси цилиндра $u_0^k, k = 1, 2, \dots, K, u_0^0 = T_0$. Ввиду ограниченности температуры на оси цилиндра (см. условие (4)) мы можем воспользоваться температурами соседних точек, которые вычисляются на предыдущих шагах. Таким образом, мы имеем: $u_0^k = u_1^{k-1}, k = 1, 2, \dots, K$.

Задача (1), (2) является двумерной и решается методом матричной прогонки.

Рассмотрим численную реализацию задачи (3), (4) со следующими начально-краевыми условиями: $T_0 = 300 \text{ K}$, $T_R(t) = 300 \text{ K} + \alpha t$ ($\alpha = 100 \text{ K/мин}$), $R = 20 \text{ мм}$, $0 < t < 5 \text{ мин}$.

Распределение температуры в цилиндре для шести моментов времени $t = 0, 1, 2, 3$ и 5 мин. приведены на рис. 1.

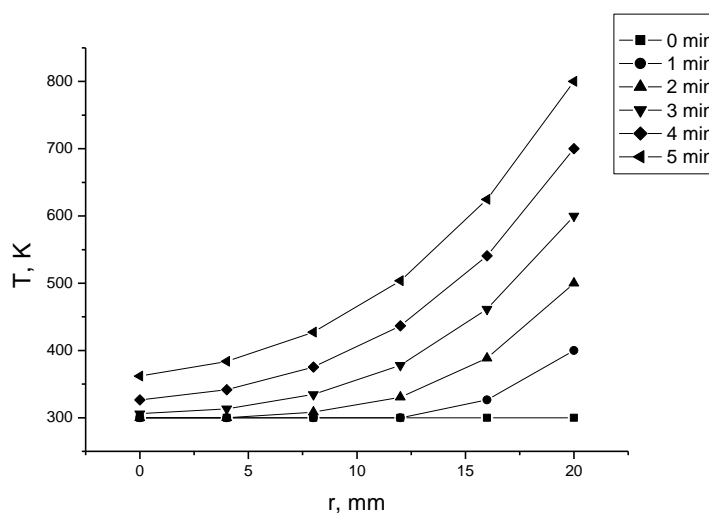


Рис. 1. Распределение температуры в цилиндре в разные моменты времени

Пример части программы для явной схемы (5) имеет вид:

```

For j:=0 to M-1 do
begin
  For i:=1 to N-1 do
  begin
    u[i,j+1]:=lambda*u[i+1,j]*(1+1/(2*i))+lambda*u[i-1,j]*(1-1/(2*i))
    +(1-2*lambda)*u[i,j];
  end;
  u[0,j+1]:=u[1,j];
end;

```

Пример программы для неявной схемы (6):

```

For i:=1 to m-1 do
Begin
  a[i]:=-lambda*(1-1/(2*i));
  If i=1 then
    a[i]:=0;
  b[i]:=(1+2*lambda);
  c[i]:=-lambda*(1+1/(2*i));
  If i=m-1 then
    c[i]:=0;
  end;
WriteLn;
For j:=0 to k-1 do
Begin
  u[0,j+1]:=u[1,j];
  For i:=1 to m-1 do
  Begin
    d[i]:=u[i,j];
    If i=1 then
      d[i]:=u[i,j]+lambda*(1-1/(2*i))*u[i-1,j+1];

```



```

If i= m-1 then
  d[i]:=u[i,j]+lambda*(1+1/(2*i))*u[i+1,j+1];
  {WriteLn( 'd',i,'=',d[i]);}
end;
AA[1]:=-c[1]/b[1];
BB[1]:=d[1]/b[1];
For i:=2 to m-2 do
  Begin
    L:=a[i]*AA[i-1]+b[i];
    AA[i]:=-c[i]/L;
    BB[i]:=(d[i]-a[i]*BB[i-1])/L;
  end;
u[m-1,j+1]:=(d[m-1]-a[m-1]*BB[m-2])/(b[m-1]-a[m-1]*AA[m-2]);
For i:=m-2 downto 1 do
  u[i,j+1]:=AA[i]*u[i+1,j+1]+BB[i];

```

Программа, реализующая вышеуказанный алгоритм была составлена на языке ПАСКАЛЬ.

Список использованных источников

1. Кошляков, Н. С. Уравнения в частных производных математической физики / Н. С. Кошляков, Э. Б. Глинер, М. М. Смирнов. – М. : Высш. шк., 1970. – 712 с.
2. Турчак, Л. И. Основы численных методов / Л. И. Турчак, П. В. Плотников. – М. : ФИЗМАТЛИТ, 2005. – 304 с.
3. Формалёв, В. Ф. Численные методы / В. Ф. Формалёв, Д. Л. Ревизников. – М. : ФИЗМАТЛИТ, 2006. – 400 с.

References

1. Koshlyakov N. C., Gliner E. B., Smirnov M. M. Partial differential Equations of mathematical physics. Moscow, Wysz.schola, 1970, 712 p.
2. Turchak L. I., Plotnikov P. V. Fundamentals of numerical methods. Moscow, Fizmatlit, 2005, 304 p.
3. Formalev V. F., Reviznikov D. L. Numerical methods. Moscow, Fizmatlit, 2006, 400 p.

УДК 371.124:53

ОПТИМИЗАЦИЯ УЧЕБНОГО ФИЗИЧЕСКОГО ЭКСПЕРИМЕНТА

А. А. Давиденко

Черниговский областной институт последипломного педагогического образования имени К. Д. Ушинского, г. Чернигов, Украина

Аннотация. Статья посвящена проблеме оптимизации учебного физического эксперимента. Автор опирается на собственный опыт учителя физики и результаты выполненных им научных исследований.

Ключевые слова: физика, обучение, развитие, физический эксперимент, исследования.

OPTIMIZATION EDUCATIONAL PHYSICAL EXPERIMENT

Andrey Davidenko

Abstract. The article deals with the optimization of educational physical experiment. The author draws on his own experience and the results of a physics teacher made them research.

Keywords: physics, training, development, physical experiment, study.

В самом начале изучения физики мы сообщаем ученикам о том, что физика является экспериментальной наукой. Для убеждения в сказанном на демонстрационный стол выставляются приборы, которые позволяют продемонстрировать разнообразные физические явления. Сейчас мы знаем, что большинство этих явлений ученики видели по телевизору или в Internet, однако надеемся, что такие демонстрации дадут положительный эффект – ученики заинтересуются физикой как учебным предметом, что подтверждает практика. Однако уже несколько следующих уроков изменят первое впечатление учащихся о данном учебном предмете, ведь им будет предложена такая же учебная деятельность, как и на уроках по другим предметам, – слушать сообщение учителя, а затем для закрепления услышанного прочитать то же самое в учебнике и пересказать то, что отложится в памяти, на следующем уроке.

У школьников еще остается надежда на лабораторные работы, однако после измерения размеров мелких предметов (горошин, бусинок, дробинок т. д.), чему посвящена одна из первых лабораторных работ, они разочаровываются окончательно. Традиционные текстовые задачи, которые впоследствии будут предлагаться для решения учащимся, покажут им, что физика достаточно близка к математике и от тезиса об экспериментальном характере данной науки останется лишь упоминание. Это устраивает часть школьников, ведь они получают дополнительные упражнения по математике, однако разочаровывает тех, которые имеют задатки к экспериментальной деятельности. Что же можно сделать для того, чтобы не потерять «экспериментальность» физики?

Следует не забывать о том, что эксперимент в физике и в других науках выполняют для подтверждения или отклонения предварительно выдвинутой гипотезы. Не смотря на то, что процесс обучения значительно отличается от процесса научной деятельности, такое видение эксперимента было механически перенесено и на занятия по физике. За исключением демонстрационного эксперимента, в ходе которого преподаватель или учитель демонстрирует соответствующее изучаемой теме физическое явление, значительная часть лабораторных работ (такой учебный эксперимент, в отличие от демонстрационного, называют фронтальным или лабораторным) все же ориентирована на проверку или подтверждение соответствующих физических законов.

Учащимся предлагается проверять правильность уже давно известных и, что не менее важно, давно применяемых на практике законов. Они лежат в основе принципа действия всех существующих устройств, на них работают технологии, а школьникам предлагается самостоятельно убедиться в их правильности.

Конечно, если бы преподаватель или же учитель формулировал на своем занятии определенную гипотезу, то логичной была бы и ее проверка в ходе последующего эксперимента. Однако, при существующей знаниевой парадигме нашего образования чаще всего на занятиях даются готовые знания (знания в готовом виде). Эти знания являются научно достоверными, в связи с чем, не нуждаются в проверке. Даже выражение, «*проверка знаний*» имеет чисто мониторинговое, а не какое-либо другое значение.

Что же происходит в таком случае? Как показывает педагогическая практика, те лабораторные работы, при выполнении которых учащимся предлагается проверить правильность определенного физического закона, далеко не всегда срабатывают на пользу ученикам. Закон не всегда находит подтверждение, или же подтверждается с достаточно малой точностью. При этом в сознании ученика возникает противоречие: учитель и учебник утверждают, что определенное предложение отражает соответствующий физический закон, например, закон Бойля-Мариотта, а при выполнении соответствующей лабораторной работы он получает результаты, которые указывают на то, что он не правильный. В существующей педагогической практике в таком случае на помощь приходит учитель, который подсказывает ученику, чтобы он попытался объяснить, почему ему не удалось подтвердить правильность закона. Обратите внимание, формируется психологическая установка не на поиски совершенствования эксперимента, который бы позволял многократно подтверждать правильность определенного закона, а на поиски того, что мешает нам убедиться в его правильности. И тут мы начинаем убеждать учеников в недостаточной точности используемых ими приборов, в различных погрешностях, которые непосредственно зависят от экспериментатора и др. Ученику предлагается собрать все то, что, по его мнению, не позволило достичь как бы то ожидаемой правильности результата. И так почти всегда. Становится непонятным, для чего ученик выполнял такую лабораторную работу? Для того, чтобы убедиться в неправильности определенного закона физики, или же в том, чтобы заниматься поисками возможных погрешностей измерения и вычислений?

Известно, что существует и другой вид лабораторного эксперимента (лабораторных работ). Названия этих работ содержат слово «определение», например, «Определение коэффициента жесткости пружины». Какая педагогическая целесообразность содержится в этой лабораторной работе? Ведь это обычная экспериментальная задача, для решения которой в описании лабораторной работы (в учебнике) дается алгоритм. Если воспринимать подобную лабораторную работу в качестве физического эксперимента, ведь там предлагается сделать несколько измерений изменения размеров (удлинения) пружины

жины, то после ее выполнения должен быть сформулирован соответствующий вывод. А какой вывод должен быть после того, как учащиеся найдут значение коэффициента жесткости? Затрудняются и тот, кто выполнял работу, и тот, кто будет проверять оформленные результаты ее выполнения. Достаточно часто с подсказки учителя пишется вывод: *Сегодня на уроке (при выполнении лабораторной работы) я научился определять коэффициент жесткости пружины.*

Возникает лишь вопрос, насколько это является важным для процесса изучения физики и понадобится ли ученику приобретенное умение определять этот коэффициент в будущей жизни? Думаю, что нет. Мне не удается также предположить, что здесь содержится какая-либо другая дидактическая цель. Какой же можно предложить выход из данного положения?

Конечно, нельзя отказываться от классического понимания физического эксперимента, в ходе которого учащиеся проверяют выдвинутую ими гипотезу. Пусть это будет и гипотеза, касающаяся уже доказанной теории, то есть, которая имеет субъективную новизну. Главное, чтобы ученики проверяли ту зависимость между физическими явлениями, которую они предвидели самостоятельно, а не то, о чем они узнали из учебника или же со слов учителя (получили готовые знания). Таким примером, взятым из педагогической практики автора, может быть выдвинута учениками гипотеза о том, что под действием внешнего магнитного поля траектория искрового разряда будет меняться. Для этого они провели серию наблюдений за прохождением искрового разряда в обычных условиях и тогда, когда на него действовали магнитным полем, что и позволило подтвердить выдвинутую гипотезу.

Педагогическая практика и научные исследования автора подтвердили важность для процесса обучения физике и другой экспериментальной деятельности учащихся. Речь идет о *получении учащимися новых для них знаний в ходе выполнения исследовательских работ экспериментального характера.* Таким примером может быть предложена автором лабораторная работа «Исследование зависимости силы упругости от деформации тела» [2]. Постановку данной лабораторной работы автор предлагает непосредственно на уроке, посвященном изучению механических деформаций и закона Гука. Для выполнения исследования данной зависимости ученикам даются пружины или резиновые нити с различным коэффициентом жесткости. Деформируя их на разную величину, учащиеся получают различные значения возникающих в них сил упругости и делают соответствующие выводы. Фактически они самостоятельно открывают обобщенную известным инженером Робертом Гуком закономерность, которая уже известна как носящим его имя закон, о чем ученикам предоставляется впоследствии возможность узнать из учебника.

При постановке таких работ мы имеем следующее. Во-первых, учащиеся, как уже говорилось выше, самостоятельно получают новые знания. Представьте себе, что на основании полученных в ходе эксперимента результатов ученик формулирует соответствующие выводы. Например, вывод о том, что сила упругости, которая возникает при деформации тела, прямо пропорциональна возникающей в нем силы упругости.

Во-вторых, они убеждаются в том, что могут открывать что-либо новое, в данном случае физические законы. Это полезно с точки зрения психологии: у человека появляется уверенность в своих силах.

В-третьих, мы экономим время, ведь в течение одного занятия учащиеся получают новые для них знания и выполняют лабораторную работу.

Автором еще во время работы учителем физики разработаны аналогичные лабораторные работы, которые успешно используются в учебном процессе по физике.

Интересно, что в Республике Молдова подобные лабораторные работы уже включены в школьные учебники для учащихся 7, 8 и 9-х классов. Ion Botgros, Viorel Vocancea, Nikolae Constantinov, – авторы учебника для 8-го класса, - предлагают, например, выполнить отдельно лабораторные работы «Изучение зависимости силы тока от напряжения» и «Исследование зависимости силы тока от сопротивления участка цепи» [1, с. 75–76], а позже на основе сделанных выводов сформулировать общую зависимость, которая известна как закон Ома. То же самое они предлагают и при рассмотрении других тем физики.

Автор предлагает обратить внимание на то, что в последнее время появились значительные возможности для фиксации и обработки данных эксперимента. Речь идет о том, что как для учителя, так и для учеников стала доступной вычислительная техника, цифровая фото и видео аппаратура. Еще 20 лет назад никто и не мечтал о том, чтобы практически каждый ученик имел в личном пользовании удобные фото и видеокамеры, а сейчас эти устройства вмонтированы в мобильные телефоны и позволяют фиксировать течение определенных физических явлений. Автором описаны отдельные стороны использования названной техники в научных исследованиях в его работах, часть из которых мы приводим в списке литературы [4; 6; 7].

Еще один вид деятельности учащихся, который позволяет знакомиться ученикам с физическим экспериментом, – это постановка и решение экспериментальных задач. Данной проблеме было посвящено кандидатское исследования автора и его результаты широко внедрены в педагогическую практику [3]. Такой вид задач не может быть выполнен без эксперимента и поэтому демонстрирует ученикам экспериментальный характер физики. В диссертации автором показано, что экспериментальные задачи могут быть поставлены не только с реальным оборудованием – техническими устройствами и приборами, но и на основе снимков течения физических явлений. Сейчас уже речь идет о постановке экспериментальных задач на основе видеороликов. Отдельный видеоролик или его сочетание со статическим изображением определенных моментов течения явления значительно расширяет наши возможности как для постановки, так и для решения задач. Автором собрана видеотека на основе созданных им видеороликов.

Часть из них можно найти в его портфолио по следующим ссылкам: http://footage.shutterstock.com/search/?contributor_id=211237, www.pond5.com/stock-footage/23106122, www.canstockphoto.com/portfolio.php. Такие за-

дачи интересны для учащихся, ведь они отражают реальные явления, а не те рафинированные ситуации, которые описаны в тексте обычной задачи.

В заключении хочется сказать, что вовлечение учащихся в описанные виды работы не только знакомят их с экспериментальным характером физики, но и способствует развитию имеющихся у них задатков в способности, что подтверждено результатами докторского исследования автора [5].

Список использованных источников

1. Botgros, Ion; Bocancea, Viorel; Constantinov, Nikolae. Fizica. Manual pentru clasa a VIII - a; trag: Galina Ivanova, Evelina Bocancea, Evgenii Gabunia. - Ed.1. Cartier, 2003, 128 pad. - (colectia Cartier educational).
2. Давиден, А. А. Лабораторные работы в процессе обучения физике / А. А. Давиден // Физика в школе. – 2 000 – № 5. – С. 46–47.
3. Давиден, А. А. Экспериментальные задачи как средство повышения уровня и качества знаний учащихся по физике : автореф. дис. ... канд. пед. наук / А. А. Давиден. – Киев, 1991. – 22 с.
4. Давиденко, А. А. Использование цифровой фототехники в научных исследованиях / А. А. Давиденко // Использование современных информационных технологий при поддержке процесса обучения одаренной молодежи. – К. : Информ. системы 2009. – С. 159–170.
5. Давиденко, А. А. Теоретические и методические основы развития творческих способностей учащихся в процессе обучения физике : дис. ... д-ра пед. наук / А. А. Давиденко. – К., 2007. – 467 с.
6. Давиденко, А. А. Фотозадачи на уроках физики / А. А. Давиденко // Физика и астрономия в современной школе. – 2012. – № 1. – С. 41–42.
7. Давиденко А. А., Коршак Е. В. Фотографический метод исследования физических явлений // Физика и астрономия в школе. – 2008. – № 3 – С. 12–13, 57.

References

1. Botgros, Ion; Bocancea, Viorel; Constantinov, Nikolae. Fizica. Manual pentru clasa a VIII a; trag: Galina Ivanova, Evelina Bocancea, Evgenii Gabunia. Ed.1. Cartier, 2003, 128 pad. (colectia Cartier educational).
2. Daviden A. A. Laboratory work in learning physics. Physics at school, 2000, No 5, pp. 46–47.
3. Daviden A. A. Experimental tasks as a means of raising the level and quality of knowledge of pupils in physics: abstract of the thesis ... Cand of pedagogical Science, Kiev, 1991, 22 p
4. Davidenko A. A. Use of digital photography in scientific research. Use of modern information technologies for supporting education of gifted youth, Kiev : Inform. system 2009, 170 p.
5. Davidenko A. A. Theoretical and methodological principles of development of creative abilities of students in the learning process of physics: abstract of the thesis ... Doctor of pedagogical Science, Kiev, 2007, 467 p.
6. A.A. Davydenko of Hatosagai at physics lessons. Physics and astronomy at the modern school, 2012, No 1, pp. 41–42.
7. Davidenko A. A., Korshak E. Century Photographic method of studying physical phenomena. Physics and astronomy at school, 2008, No 3, pp. 12–13, 57.

ПРОЕКТИРОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОСТРАНСТВА УЧИТЕЛЯ

Т. В. Кормилицына

*ФГБОУ ВПО «Мордовский государственный педагогический институт им.
М. Е. Евсевьева», г. Саранск, Российская Федерация*

Аннотация. Для проектирования информационного образовательного пространства учителя можно использовать виртуальное пространство. Проведен анализ регионального образовательного пространства и приведены примеры создания сайта на бесплатном хостинге.

Ключевые слова: сайт, информационное пространство, образовательные ресурсы.

THE DESIGN OF THE EDUCATIONAL INFORMATION SPACE TEACHERS

T. V. Kormilitsyna

Abstract. For design of information educational space teachers can use the virtual space. Carrying den analysis of regional educational space and shown primary of creation of a site on a free hosting.

Keywords: website, information space, educational resources.

Создание информационного пространства образовательного учреждения, учителя и ученика в настоящее время является главной задачей, решение которой определяет успех внедрения информационных технологий в образование на всех его уровнях. Школа должна создать свою собственную модель информационного пространства, иметь коллектив, обладающий информационной культурой и владеющий информационными технологиями проектирования.

Для проектирования информационного образовательного пространства учителя можно использовать виртуальное пространство с возможностью бесплатного хостинга для учителей, учеников и родителей [3].

Как показали исследования, в Республике Мордовия информационное пространство для обеспечения профессиональной деятельности педагогов учебных заведений динамично развивается. В последнее время создается и разрабатывается все больше сайтов, на которых имеется много полезной информации для педагогов [4–5].

Информационное пространство для профессиональной деятельности педагогов имеет сложную структуру, отражает многогранную педагогическую деятельность. В методический контент входят различные компоненты, обеспечивающие профессиональную деятельность педагогов. Всегда доступно ин-

формационное пространство, выделенное для получения и обмена информацией.

Особое предпочтение педагоги Республики Мордовия отдают электронному ресурсу образовательного информационного портала Мордовского республиканского института образования.

Проведем обзор информационного пространства, необходимого для успешного осуществления профессиональной деятельности педагога; выделим основные компоненты информационного обеспечения, отраженные в структуре электронных ресурсов.

На портале можно найти информацию об образовании в Республике Мордовия, зайти на сайт Мордовского республиканского института образования, узнать о мероприятиях, проходящих в республике, об аттестации педагогических учреждений, о системе работы по выявлению и поддержке одаренных детей в Республике Мордовия. Также на данном портале имеется информация о национальном образовательном проекте, о Едином Государственном Экзамене, где можно скачать пробные версии, поучаствовать в обсуждениях и многое другое.

Полезную методическую информацию можно получить на следующих сайтах, которые находятся на одной из вкладок портала [6]: издательства учебной литературы, официальные сайты, сайты вузов Республики Мордовия, сайты образовательных учреждений Республики Мордовия, сайты ссузов Республики Мордовия, сайты учителей Республики Мордовия, свободное программное обеспечение, средства массовой информации образовательной направленности, Федеральные образовательные ресурсы.

Сайт – дополнительная возможность внедрение информационных технологий в практику учителя-предметника. Обучающий сайт учителя – одна из форм создания информационного пространства [1]. Имея свой сайт, учителю можно решить множество задач. Общение с учащимися выходит на значительно другой уровень. Важно отметить, что в конструкторе сайтов предусмотрена страница оформления тестов, работая с которыми ученик получает информацию о верных ответах на вопросы. Предусмотрено, что ответы ученика могут высылаться на почтовый ящик учителю. Данная форма работы расширяет возможности учителя в условиях подготовки к ЕГЭ.

При создании сайтов учителя используют различные Web-серверы. Большинство сайтов, а именно 85 % разработано на платформе самого портала edum.ru, 10 % - на narod.ru, остальные 5 % приходятся на ucoz.ru, math.ex6.ru, iformic.ru. Таким образом, большинство учителей Республики Мордовия предпочитают Мордовский образовательный портал.

Перечислим основные рубрики сайтов. Очень часто учителя включают следующие рубрики: новости, где сообщаются последние изменения в образовательной сфере учебного заведения; гостевая книга; методические копилки, содержащие разработки уроков, конспекты уроков, презентации, советы по проведению урока; внеклассные мероприятия, исследовательские работы, выступления, конференции, курсовые, уроки [2]. Имеется контент для учеников, в котором можно получить домашнее задание, индивидуальные задания,

пройти тест. Для внеклассной работы учитель может найти готовые разработки и конспекты разнообразных внеклассных мероприятий, рекомендации и советы по их подготовке и проведению.

В качестве примера создания сайта учительского сообщества приведем сайт сообщества учителей информатики [7], который проектируют студенты-информатики для своей будущей профессиональной деятельности. В настоящее время здесь – материалы по педагогической практике, для учебных занятий по учебным дисциплинам. Предусмотрен форум для организации интерактивного общения. Создать сайт на хостинге достаточно просто, о чем свидетельствует этот опыт.

Таким образом, информация все более осознается как важный педагогический ресурс. Она становится предметом массового использования учителями, воспитателями, школьниками, родителями, специалистами заинтересованных организаций и учреждений.

Формирование единого информационно-образовательного пространства (среды) необходимо, так как при правильном подходе к ее реализации наиболее полно можно добиться решения вопроса удовлетворения потребностей всех субъектов образовательного процесса в оперативном получении информации о текущих параметрах и результатах процесса обучения учащихся, обеспечение непрерывного контроля их качества на основе использования различных информационных технологий.

Список использованных источников

1. Кормилицына, Т. В. Формирование информационного пространства для обеспечения профессиональной деятельности педагогов учебных заведений Республики Мордовия / Т. В. Кормилицына // Современный учитель сельской школы России : сб. статей участников Всерос. науч.-практ. конф. – Арзамас: АГПИ, 2010. – С. 297–300.
2. Кормилицына, Т. В. Электронный методический кабинет учителя: проблемы создания и использования / Т. В. Кормилицына // Дистанционные образовательные технологии в школе и вузе : сб. науч. статей под ред. Н. В. Вознесенской, Е. В. Черемухиной; МордГПИ. – Саранск, 2011. – С. 29–32.
3. Косырева, Т. Н. Организация обмена информацией средствами SharePoint на примере системы ИНФОВУЗ / Т. Н. Косырева // Всероссийский конкурс научно-исследовательских работ студентов и аспирантов в области информатики и информационных технологий : сб. науч. работ : в 3 т. – Белгород : ИД «Белгород», 2012. – Т. 3. – С. 35–37.
4. Сайт Министерства образования РФ «Знание – сила» [Электронный ресурс]. – Режим доступа : www.okogu.ru.
5. Сайт Министерства образования Республики Мордовия [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://minobrazrm.e-mordovia.ru>.
6. Сайт Мордовского республиканского образовательного портала [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.edurm.ru/>.
7. Сайт сообщества учителей информатики [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://teacher-inform.ucoz.ru>.

References

1. Kormilitsyna T. V. Century formation of the information space to ensure the professional activity of teachers of educational institutions of the Republic of Mordovia. Teachers of rural schools of Russia, Arzamas, 2010, pp. 297–300.

2. Kormilitsyna T. V. E-methodical office of a teacher: problems of creation and use. Remote educational technologies in school and University, Saransk, 2011, pp. 29–32.
3. Kosyreva T. N. Organization of exchange of information using SharePoint to accept the system INFOBUS. Russian contest of research works of students and graduate students in computer science and information technologies, Belgorod, 2012, v. 3, pp. 35–37.
4. The website of the Ministry of education of the Russian Federation «Knowledge is power» [Electronic resource], URL: www.okoru.ru (date of treatment: 20.03.2014).
5. The website of the Ministry of education of the Republic of Mordovia [[Electronic resource], URL: <http://minobrazrm.e-mordovia.ru> (date of treatment: 20.03.2014).
6. The website of the Mordovian Republican educational portal [Electronic resource], URL: <http://www.edurm.ru/> (date of treatment: 20.03.2014).
7. A community site for Informatics teachers [Electronic resource], URL: <http://teacher-inform.ucoz.ru> (date of treatment: 20.03.2014).

УДК 512.662.1

ОБЩАЯ ТЕОРИЯ ПРОДОЛЖЕНИЙ АЛГЕБРАИЧЕСКИХ СТРУКТУР

М. В. Ладоскин

ФГБОУ ВПО «Мордовский государственный педагогический институт им. М. Е. Евсевьева», г. Саранск, Российская Федерация

Аннотация. В статье рассматривается описание возможности продолжения алгебраической структуры независимо от особенностей самой структуры. Рассматриваются обобщения доказательств различных частных утверждений и теорем для конкретных случаев. Приводятся общие конструкции комплексов Хохшильда и их гомологий без рассмотрения категорного языка.

Ключевые слова: алгебраическая топология, гомология, устойчивость, отображение.

GENERAL THEORY FOR ALGEBRAIC STRUCTURES

M. V. Ladoshkin

Abstract. The article considers the description of the continuation of the algebraic structure regardless of the characteristics of the structure. Considered generalizations of evidence various private statements and theorems for specific cases. Provides General design complexes Hochschild and their homology without consideration categorical language.

Keywords: algebraic topology, homology stability mapping.

На современном этапе развития математического знания накоплен большой объем гомотопически устойчивых конструкций различных алгебраических конструкций. К таковым можно отнести полученные Мэем в 70-х годах

20 века A_∞ -алгебры, являющиеся гомотопически устойчивым аналогом ассоциативных алгебр. Позднее Кадеишвили построил гомотопически устойчивые аналоги модулей над ассоциативными алгебрами. В 90-х годах 20 века В. А. Смирнов получил гомотопически устойчивый аналог алгебр Ли и симплицциального множества, в начале 21 века С. В. Лапин – гомотопически устойчивый аналог дифференциального модуля. В рамках данного проекта группой исполнителей были построены гомотопически устойчивый аналог симплицциального объекта, качественно отличающийся от конструкции Смирнова.

Все вышеперечисленные конструкции являются не только гомотопически инвариантными, то есть совпадают для гомотопически устойчивых систем, но и могут быть использованы для более качественного различия данных систем. Речь идет о том, что для одной и той же структуры алгебры, например, могут существовать различные структуры A_∞ -алгебры. Таким образом, новая структура позволяет более тонко классифицировать алгебраические структуры. Другой подход к данной структуре состоит в том, что в различных приложениях гомологической алгебры, в частности, в спектральных последовательностях расслоений, возможно появление высших гомотопически устойчивых объектов как самостоятельного результата, отвечающего за определенный набор операций. Аналогично, в работах по теоретической физике высшие операции, с алгебраической точки зрения являющиеся результатом перехода к гомотопически устойчивому случаю, отвечают за соотношения между различными типами взаимодействий.

Выше сказанное позволяет говорить об актуальности изучения гомотопически устойчивых аналогов различных алгебраических структур. Одним из важных вопросов в данном случае является выяснение возможности существования нетривиального продолжения алгебраической структуры, то есть существования ее аналога, не являющегося эквивалентным тривиальному. Тривиальным продолжением в теории продолжений называют продолжение, все высшие операции которого равны нулю, а на начальном «этаже» совпадают с операциями исходной структуры. Получение условия существования важно тем, что построение высших операций бывает достаточно трудоемко, а затем затруднительно установить эквивалентность или неэквивалентность полученных объектов с тривиальными. Для этого основным методом является построение комплекса Хохшильда для рассматриваемых структур. Обобщим его построение на случай различных структур. Заметим, что все построения мы будем вести над полем характеристики 2, что является стандартным приемом для алгебраической топологии, позволяющим сократить выкладки, касающиеся знаков. Вопрос определения знаков в большинстве случаев успешно разрешен (для алгебр, модулей дифференциальных модулей), для симплицциальных объектов решение данного вопроса находится в процессе разработки.

Определение 1. Алгебраической структурой мы будем называть множество A с операцией (ями) $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n$, удовлетворяющими условиям $\tau_1 \tau_2, \dots, \tau_k$

Примеры. Если A – ассоциативная алгебра, то имеем одну операцию α_1 , соответствующую умножению, удовлетворяющую одному условию τ_1 , соответствующему условию ассоциативности. Если же A – симплициальное множество, то имеем бесконечный набор операций $\alpha_1, \alpha_2, \dots$, соответствующих симплициальным граням и вырождениям, удовлетворяющий соотношениям $\tau_1 \tau_2, \dots$, которые соответствуют соотношениям между симплициальными гранями и вырождениями.

Определение 2. Пусть A – алгебраическая структура. Будем называть комплексом Хохшильда $Hoch(A)$ для данной структуры тензорную алгебру $Hoch(TA, A) = \sum Hoch_k(\sum A_n, A)$:

$$A_n = A^{\otimes n}$$

со стандартной градуировкой тензорного произведения:

$$\deg(a_1 \otimes a_2 \otimes \dots \otimes a_n) = \deg a_1 + \deg a_2 + \dots + \deg a_n + n$$

и градуировкой комплекса степенями отображений.

Заметим, что в рамках нашего определения элементами комплекса Хохшильда являются не отображения тензорной алгебры с конкретного этажа, а совокупность всех таких отображений: на каждом «этаже» тензорной алгебры действует свое слагаемое совокупности.

Определение 3. Будем называть дифференциалом в комплексе Хохшильда $Hoch(A)$ отображение $\delta: Hoch(A) \rightarrow Hoch(A)$ степени -1, определяемое по следующему правилу:

$$\delta f = \sum f(T\alpha_i(a_1, \dots, a_t), \dots, a_n) + \alpha_i(Tf(a_1, \dots, a_t), \dots, a_n) \quad (1)$$

где $T\alpha_i$ – размещение операции α_i по всем возможным местам в тензорном произведении $a_1 \otimes \dots \otimes a_n$, согласованное с соотношениями $\tau_1 \tau_2, \dots$, а суммирование в обоих слагаемых идет по всем возможным операциям α_i .

Теорема 1. Введенное в определении 3 отображение δ является дифференциалом, то есть выполняется условие:

$$\delta(\delta f) = 0 \quad (2)$$

Доказательство. Так теорема 1 является обобщением подобных теорем для различных случаев алгебраической структуры, то возможно доказательство ее произвести отсылкой к ранее полученным результатам. Однако возможно и доказательство в общем случае, которое и будет приведено ниже.

Подставим в левую часть формулы (2) выражение из формулы (1). Получим:

$$\delta(\delta f) = \sum \delta(f(T\alpha_i(a_1, \dots, a_t), \dots, a_n)) + \alpha_i(Tf(a_1, \dots, a_t), \dots, a_n))$$

Подставляя в полученное выражение условие (1), получим:

$$\begin{aligned} \delta(\delta f) = & \sum \alpha_j Tf(T\alpha_i(a_1, \dots, a_t), \dots, a_n) + \\ & + f(T\alpha_i(a_1, \dots, a_t), \dots, T\alpha_j(a_k, \dots, a_m), \dots, a_n)) + \alpha_j T\alpha_i(Tf(a_1, \dots, a_t), \dots, a_n)) \\ & + \alpha_j T\alpha_i(Tf(a_1, \dots, a_t), \dots, \alpha_j T(a_k, \dots, a_m), \dots, a_n)) \end{aligned}$$

Второе и четвертое слагаемые в данной формуле будут равны нулю, поскольку являются однотипными, и в случае, когда индексы i, j меняются между собой, то получим тождественные выражения, сумма которых равна нулю над полем характеристики 2. Исключение составляет случай, когда слагаемые вида $T\alpha_i(a_1, \dots, a_t)$ захватывают одно другое, то есть принимают вид $T\alpha_i(a_1, \dots, T\alpha_i(a_t, \dots, a_m))$. Так действия $T\alpha_i$ согласованы с соотношениями $\tau_1\tau_2, \dots, \dots$, то данные выражения также будут равны нулю.

Аналогичная ситуация имеет место для слагаемых первого и третьего вида, с той лишь разницей, что там условия будут выполняться для аргументов функции f . Получаем, что все слагаемые в правой части будут равны нулю. Таким образом, наша теорема доказана.

Замечание. При доказательстве теоремы все вычислительные трудности и выкладки «спрятаны» за условием согласованности действия $T\alpha_i$ с условиями $\tau_1\tau_2, \dots$. Примером такой согласованности является взятие попарных произведений всех соседних элементов для случая ассоциативной алгебры. Согласованность в данном случае выражается в ассоциативности умножения, что позволяет обнулять суммы вида $\alpha(a_1, \alpha(a_2, a_3)) + \alpha(\alpha(a_1, a_2), a_3)$ где символ α означает умножение в алгебре. В случае симплицального множества согласованность означает взятие граней и вырождений от всех возможных элементов, что позволяет использовать симплицальные соотношения [1]:

$$\partial_i \partial_j = \partial_{j-1} \partial_i, \text{ для } i < j$$

$$s_i s_j = s_{j+1} s_i, \text{ для } i \leq j$$

$$\partial_i s_j = s_{j-1} \partial_i, \text{ для } i < j$$

$$\partial_j s_j = id = s_{j+1} \partial_j,$$

Определение 4. Будем называть продолжением алгебраической структуры A множество A_∞ , снабженное высшими операциями $\alpha_1^1, \alpha_2^1, \dots, \alpha_n^1, \alpha_1^2, \alpha_2^2, \dots, \alpha_k^2, \dots, \alpha_1^m, \alpha_2^m, \dots, \alpha_t^m$, удовлетворяющими высшим соотношениям $\tau_1^1, \tau_2^1, \dots, \tau_n^1, \tau_1^2, \tau_2^2, \dots, \tau_k^2, \dots, \tau_1^m, \tau_2^m, \dots, \tau_t^m$, причем если все операции с верхними индексами, большими единицы равны нулю, а соотношения с верхними индексами, большими единицы, тождественны, то множество A_∞ совпадает с алгебраической структурой A (то есть начальные операции и начальные соотношения одинаковы).

Примеры. Одним из важнейших примеров продолжения алгебраической структуры является структура A_∞ -алгебры, которая может рассматриваться как продолжение структуры ассоциативной алгебры, получающейся из рассматриваемой A_∞ -алгебры при условии равенства всех высших умножений нулю. Тогда условия в A_∞ -алгебре будут отличны от нуля только в случае двух начальных умножений, и примут вид условия ассоциативности этой операции.

Аналогичную ситуацию будем иметь для A_∞ -модуля над A_∞ -алгеброй, который будет рассматриваться как продолжение модуля над алгеброй, получающегося путем принятия всех высших соотношений равными нулю. Тогда условия в A_∞ -модуле будут давать отличный от нуля результат лишь в начальной размерности, что позволит получить действие модуля над алгеброй. Аналогично, высшие симплициальное множество будет являться продолжением обычного симплициального множества, которое получается в случае равенства нулю всех высших симплициальных операторов. Высшие симплициальные соотношения в этом случае перейдут в обычные.

Определение 5. Будем называть морфизмом двух продолжений структуры A A_∞' и A_∞'' отображение $f: A_\infty' \rightarrow A_\infty''$, согласованное с операциями $\alpha_1^1, \alpha_2^1, \dots, \alpha_n^1, \alpha_1^2, \alpha_2^2, \dots, \alpha_k^2, \dots, \alpha_1^m, \alpha_2^m, \dots, \alpha_t^m$, то есть перестановочное с ними с учетом высших соотношений $\tau_1^1, \tau_2^1, \dots, \tau_n^1, \tau_1^2, \tau_2^2, \dots, \tau_k^2, \dots, \tau_1^m, \tau_2^m, \dots, \tau_t^m$.

Примером учета высших соотношений может служить определение морфизма A_∞ -алгебр, в котором отображение является морфизмом A_∞ -алгебр, если его компоненты могут располагаться во всевозможных местах тензорного произведения.

Заметим, что начальная компонента отображения $f: A_\infty' \rightarrow A_\infty''$, связанная только с начальными операциями и действующая из самого множества A , является морфизмом структуры A .

Определение 6. Если при морфизме двух продолжений $f: A_\infty' \rightarrow A_\infty''$ начальная компонента данного отображения является изоморфизмом двух алгебраических структур, то и весь морфизм f называется изоморфизмом продолжений A_∞' и A_∞'' , сами эти продолжения называются изоморфными.

Определение 7. Продолжение алгебраической структуры A , изоморфное ей самой, называется тривиальным продолжением.

Важность рассмотрения возможностей продолжения следует из того, что процесс построения продолжения достаточно трудоемок, и зачастую

необходимо заранее знать, имеется смысл в данной операции или мы получим продолжение структуры, эквивалентное тривиальному.

Следующая теорема задает связь между возможностью нетривиального продолжения алгебраической структуры и гомологиями комплекса Хохшильда.

Теорема 2. Гомологии цепного комплекса Хохшильда $Hoch(A)$ равны нулю тогда и только тогда, когда любое продолжение структуры A изоморфно тривиальному.

Доказательство. Данная теорема является обобщением серии ранее полученных теорем для каждой из алгебраических структур (которые приведены, в частности, в [2],[3],[4]), однако мы приведем общее доказательство, использующее Определения 1-4, а также определение цепного комплекса Хохшильда $Hoch(A)$.

Будем рассматривать на цепном комплексе Хохшильда $Hoch(A)$ умножение \cup , определяемой формулой:

$$f \cup f = \sum f(a_1 \otimes a_2 \otimes Tf(a_1 \otimes a_2 \dots \otimes a_k) \otimes a_n) + \sum Tf(a_1 \otimes a_2 \otimes f(a_1 \otimes a_2 \dots \otimes a_k) \otimes a_n) \quad (3)$$

где суммирование в формуле (3) идет по всем возможным местам расположения функции f внутри тензорного произведения, а символ Tf означает, как и в Теореме 1, согласованность с соотношениями $\tau_1 \tau_2, \dots$

Будем называть элемент $g \in Hoch(A)$ скрещивающей коцепью в комплексе Хохшильда $Hoch(A)$, если выполняется условие:

$$g \cup g = \delta g \quad (4)$$

Можно показать, используя технику SDR-ситуаций, что если g – скрещивающая коцепь, то она определяет структуру продолжения алгебраической структуры A . В этом случае рассматривается стандартная SDR-ситуация между структурой A и ее гомологиями $H(A)$ то есть система отображений:

$$\{\eta : A \rightarrow H(A); \xi, h\}$$

$$h : A \rightarrow A, \quad \eta : A \rightarrow H(A), \quad \xi : H(A) \rightarrow A,$$

для которых выполняются следующие условия:

$$dh + hd = \xi \eta + id; \quad h\xi = 0; \quad \eta h = 0; \quad hh = 0; \quad \eta\xi = id$$

Высшие операции $\alpha_1^1, \alpha_2^1, \dots, \alpha_n^1, \alpha_1^2, \alpha_2^2, \dots, \alpha_k^2, \dots, \alpha_1^m, \alpha_2^m, \dots, \alpha_t^m$ будут строиться в данном случае с помощью цепочки переходов $\xi \eta$ из опе-

раций $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n$ в алгебраической структуре A (при этом $\alpha_i^1 = \alpha_i$) и высших составных частей отображения g .

Аналогично, для получения высших соотношений в продолжении алгебраической структуры $\tau_1^1, \tau_2^1, \dots, \tau_n^1, \tau_1^2, \tau_2^2, \dots, \tau_k^2, \dots, \tau_1^m, \tau_2^m, \dots, \tau_t^m$ будет необходимо проделать ту же самую цепочку переходов от алгебраической структуры A к ее гомологиям $H(A)$. Полученные соотношения и будут задавать условия связей между высшими операциями.

Прямая проверка показывает, и справедливость обратного утверждения – если существует структура продолжения алгебраической структуры A , то задаваемое ей отображение g (компоненты которого на соответствующем «этаже» есть высшие отображения $\alpha_1^m, \alpha_2^m, \dots, \alpha_t^m$ или их суммы) удовлетворяет условию (4).

Таким образом, показана изоморфность множества всех скрещивающих коцепей комплекса Хохшильда и множества всех возможных продолжений заданной алгебраической структуры. Причем две скрещивающие коцепи мы будем считать эквивалентными, если будет существовать отображение между ними, соответствующее изоморфизму продолжений алгебраических структур. Для каждой конкретной алгебраической структуры можно определить эквивалентность в терминах только комплекса Хохшильда, не прибегая к переходу к соответствующему продолжению.

Для доказательства нашего утверждения осталось показать, что если гомологии комплекса Хохшильда $Hoch(A)$ (которые мы для краткости будем обозначать $Hoch^*(A)$) будут равны нулю, то любая скрещивающая коцепь будет эквивалентна тривиальной (то есть такой, у которой все высшие компоненты равны нулю).

Предположим, что $Hoch^*(A) = 0$. Тогда, если $\delta g = 0$, то $g = \delta h$. Применим к формуле (4) дифференциал δ :

$$\delta(g \cup g) = \delta\delta g = 0.$$

Тогда

$$\delta(g \cup g) = \delta g \cup g + g \cup \delta g = 0.$$

Кроме того,

$$g \cup g = \delta h.$$

Отсюда получим, что отображение h будет задавать эквивалентность между тривиальной коцепью и произвольной коцепью g .

Теперь докажем обратное утверждение, то есть если любая коцепь эквивалентна тривиальной, то гомологии комплекса Хохшильда равны нулю.

Отображение h , составляющее эквивалентность между тривиальной коцепью и произвольной коцепью, будет удовлетворять условию

$$g = \delta h$$

Отсюда и будет следовать, что гомологии комплекса Хохшильда будут равны нулю. Теорема доказана.

Замечание. Как и в случае с доказательством того, что отображение δ является дифференциалом, основные вычислительные трудности доказательства скрываются за согласованием действий с перестановочностью, то есть за определением действия Tf . Теорема доказана.

Теорема 2 допускает следующее обобщение в виде

Теорема 3. Порядок группы гомологий цепного комплекса Хохшильда $Hoch^*(A)$ определяет количество различных с точностью до изоморфизма продолжений фиксированной алгебраической структуры A .

Доказательство данной теоремы аналогично доказательству Теоремы 2. При этом каждая образующая группы гомологий соответствует различным неэквивалентным коцепям. Изоморфизм между каждой коцепью, структурой продолжения и элементом группы гомологий осуществляется аналогично Теореме 2.

Таким образом, в рамках данной статьи построена теория продолжения алгебраических структур. При этом доказаны все основные структурные теоремы о продолжениях, в частности построен комплекс Хохшильда и исследована связь его гомологий с возможностью нетривиального продолжения, а также исследовано обобщение данного случая.

Рассмотрение вопросов существования продолжений алгебраических структур также возможно провести с общих позиций, используя структуру ситуации сильной деформационной ретракции.

Предложенный в данной статье подход к рассмотрению гомотопически устойчивых аналогов алгебраических структур отличается от общепринятого, однако его использование позволяет более акцентировано изучать различные продолжения как классы алгебраических структур. При этом возникновение той или иной структуры в приложениях позволяет сразу перейти к рассмотрению ее продолжения с целью более точной классификации и выяснения свойств. Такой подход позволяет при изучении гомотопически устойчивых аналогов алгебраических структур мотивировать их изучение с новой точки зрения.

Список использованных источников

1. May, J. P. *Simplicial objects in algebraic topology* / J. P. May – Van Nostred, Math.Studies, 11, 1967. – 162 p.
2. Ладоскин, М. В. Гомотопически устойчивый аналог симплициального объекта / М. В. Ладоскин // Известия вузов. Поволжский регион. Физико-математические науки. – 2012. – № 4. – С. 4–11.
3. Ладоскин, М. В. Построение аналога симплициальных вырождений в A_∞ -случае / М. В. Ладоскин // Известия вузов. Поволжский регион. Физико-математические науки. – 2011. – № 2. – С. 80–90.
4. Ладоскин, М. В. A_∞ -модули над A_∞ -алгебрами и когомологии Хохшильда для модулей над алгебрами // Математические заметки. – М., 2006. – Т. 79. – Вып. 5. – С. 717–728.

References

1. May J. P. Simplicial objects in algebraic topology. Van Nostred, Math.Studies,11, 1967, 162 p.
2. Ladoshkin M. V. Homotopically stable analog of the simplicial object. Proceedings of the universities. Volga region. Physics and mathematics, 2012, No 4, pp.4–11.
3. Ladoshkin M. V. Construction of an analogue simplicial degeneracy of A_∞ -case. Proceedings of the universities. Volga region. Physics and mathematics, 2011, No 2, pp. 80–90.
4. Ladoshkin M. V. A_∞ -modules over A_∞ -algebra and E-Hochschild cohomology for modules over algebras. Mathematical Notes, 2006, v. 79 (5), pp.717–728.

УДК 519.2

СТАТИСТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ПЕДАГОГИЧЕСКОГО ЭКСПЕРИМЕНТА

Ю. С. Жаркова

*ФГБОУ ВПО «Мордовский государственный педагогический институт
им. М. Е. Евсевьева», г. Саранск, Российская Федерация*

Аннотация. Статья посвящена применению статических методов на этапах обработки результатов педагогического эксперимента, а также методов описательной статистики для определения характеристики параметров анализируемой выборки.

Ключевые слова: педагогический эксперимент, статистика, обработка результатов, описательная статистика, выборка.

STATISTICAL METHODS OF DATA PROCESSING WHEN CONDUCTING OF PEDAGOGICAL EXPERIMENT

Y. S. Zharkova

Abstract. The article is devoted to the application of the static methods on the stages of processing of the results of the pedagogical experiment, as well as the methods of Descriptive statistics to determine the parameters of the analyzed sample.

Keywords: pedagogical experiment, statistics, statistic, processing results descriptive statistics of the sample.

Методы педагогического исследования, направленные на изучение педагогических явлений и решение разнообразных научно-педагогических проблем, состоят в выявлении эффективности и апробации разработанных условий оптимизации существующей педагогической среды. Особенно это важно в педагогическом вузе, как для повышения качества учебного процесса, так и для будущей профессиональной деятельности учащихся.

Проблема организации и планирования педагогического эксперимента выступает в теории и практике педагогики высшей школы как одна из основных общетеоретических проблем, решение которой ведется в трудах многих известных педагогов, в частности в работах [1–3].

Под *педагогическим экспериментом* современная педагогика высшей школы понимает метод исследования, который используется с целью выяснения эффективности применения отдельных методов и средств обучения и воспитания.

Задачи конкретных экспериментов в области дидактики и методик обучения отдельным предметам сводятся к следующим:

- 1) проверка определенной системы обучения;
- 2) сравнение эффективности определенных методов обучения;
- 3) проверка эффективности системы проблемного обучения;
- 4) разработка систем мер по формированию у учащихся познавательных интересов и потребностей;
- 5) проверка эффективности мер по формированию у учащихся навыков учебного труда;
- 6) развитие познавательной самостоятельности учащихся.

Методы педагогического исследования можно классифицировать по цели исследования, источникам накопления информации, способам обработки и анализа данных, но и применение в работе исследователей элементов научно-исследовательских технологий предполагает использование методов математической статистики для обработки информации, получаемой в результате проведения педагогических экспериментов. Целью психолого-педагогических исследований является анализ изменений, происходящих в процессе обучения, оценка значимости и направленности этих изменений и выявление основных факторов, влияющих на процесс.

Педагогический эксперимент может охватывать группу учеников, класс, школу или несколько школ региона. Педагогический эксперимент требует обоснования рабочей гипотезы, разработки исследуемого вопроса, составления детального плана проведения эксперимента, точной фиксации результатов, тщательного анализа полученных данных, формулировки окончательных выводов. Наиболее часто при проведении педагогического эксперимента на этапе сбора информации применяются: тестирование, анкетирование, наблюдение, тем самым качественные данные преобразуются в количественные, затем для обработки результатов наблюдений и экспериментов необходимы статистические методы.

Для оценивания эффективности выбранной методики обучения необходимо выделить две группы учащихся (экспериментальная и контрольная группы), не отличающиеся друг от друга по своим характеристикам. Если после воздействия на одну из групп изучаемой методики сравниваемые показатели в экспериментальной группе выше, чем в контрольной, можно сделать вывод об эффективности примененной методики обучения, и о необходимости ее внедрения.

В педагогическом вузе обучение основам работы с информацией, полученной в качестве эксперимента, в частности педагогического, проводится в рамках изучения дисциплин «Основы математической обработки информации», «Математическая статистика». Для студентов различных профилей обучения должны быть подобраны задачи, связанные с дальнейшей профессиональной деятельностью в качестве педагога, а также учитывающие специфику профиля.

Для студентов профиля «Физическая культура» можно рассмотреть задачи следующего типа.

Задача 1. Две группы велосипедистов использовали в соревновательном периоде два различных метода силовой подготовки. Первая группа весь объем силовых упражнений распределила на весь сезон. Вторая группа тот же объем использовала во второй половине сезона, а в первой совсем не применяла силовых упражнений. Эффективность методов тренировки оценивалась по приросту результатов на дистанции 500 м с места, которые оказались следующими (в секундах):

Первая группа (X_1): 1,0; 2,1; 1,2; 1,9; 0,9; 0,8; 2,0; 0,8; 1,5; 2,0.

Вторая группа (X_2): 0,8; 1,0; 1,3; 0,7; 0,7; 0,4; 0,9; 1,4; 1,5; 1,5.

Требуется оценить эффективность методов тренировки.

Если рассчитать средние арифметические для каждой группы: $\bar{X}_1 = 1,42$ сек., $\bar{X}_2 = 1,02$ сек., то средний прирост спортивного результата в первой группе окажется выше, чем во второй. Однако разность между средними арифметическими не говорит о том, что один метод тренировки эффективнее, чем другой, так как прирост результатов зависит не только от методов тренировки, но и определяется другими факторами, например, питанием спортсменов, занятостью в учебе или работе, болезнями и т. п. Для более точного сравнения эффективности методик обучения необходимо не только сравнить средние и дисперсии измеренных величин, но и проверить нулевую гипотезу об эффективности методики с помощью критерия Пирсона.

Для студентов профиля «Биология» могут быть интересны следующие задачи.

Задача 2. Определить среднемесячные значения температуры, давления и относительной влажности, а также число дней, когда было ясно, переменная облачность и сильная облачность. Известно количество осадков, выпавших за каждый день января и марта. Определить среднедневное количество осадков за каждый месяц.

Задача 3. Была исследована группа детей с заболеванием крови до лечения препаратами и после лечения. В таблицу занесены показатели гемоглобина в крови по результатам медицинского обследования. Сделать сравнительный анализ результативности лечения данным препаратом, используя методы описательной статистики.

По измеренным данным можно построить графики, рассчитать характеристики среднего положения и разброса, а также сделать прогноз на будущий период времени, с помощью аппроксимации данных методом наименьших квадратов.

Подобные задачи изучаются студентами экономических специальностей в рамках дисциплины «Статистика», методы их решения имеют много общего с методами математической и описательной статистики, в частности в расчете характеристик, составлении выборок, аппроксимации данных и прогнозировании временных рядов.

Для студентов профиля «Менеджмент организации» предлагаются задача 4.

Задача 4. Произвести группировку магазинов по признаку размер товарооборота, образовав при этом 5 групп с равными интервалами. Сказуемое групповой таблицы должно содержать следующие показатели: число магазинов; размер товарооборота; средняя стоимость основных средств; численность продавцов; относительный уровень фондоотдачи; относительный уровень производительности труда. Оценить динамику развития магазинов.

Для студентов профиля «Физика» следует предложить задачу 5.

Задача 5. Микрометром было сделано десять замеров диаметра цилиндра. Цена деления микрометра 0,01 мм. Определить диаметр цилиндра с надежностью $\alpha = 0,95$ и $\alpha = 0,99$. Оценить влияние числа замеров на точность получаемого результата.

При обработке результатов эксперимента, полученных опытным путем, необходимо учитывать погрешности измерений, то есть случайные ошибки. Общие выводы для измеряемой величины можно сделать с некоторой вероятностью, используя закон распределения случайных ошибок.

Для студентов профиля «Психология» следует предложить задачи 6–7.

Задача 6. При определении степени выраженности некоторого психического свойства в двух группах, опытной и контрольной, баллы распределились следующим образом.

Опытная группа – 18, 15, 16, 11, 14, 15, 16, 16, 20, 22, 17, 12, 11, 12, 18.

Контрольная – 26, 8, 11, 12, 25, 22, 13, 14, 21, 20, 15, 16, 17, 16, 9.

Дать сравнительную характеристику степени выраженности этого свойства в данных группах.

Задача 7. Для проверки эффективности новой развивающей программы были созданы две группы детей шестилетнего возраста. Затем одна группа детей обучалась по обычной программе, а вторая по экспериментальной. В конце учебного года в каждой группе посчитали средний балл по успеваемости каждого ребенка. Сделать сравнительный анализ успеваемости детей этих групп.

Рассчитав и сравнив характеристики двух выборок, можно сделать вывод о степени выраженности психического свойства, например, уровня интеллекта, агрессивности, конфликтности, оценить эффективность проведенной развивающей методики.

Методы математической статистики, учитывающие вероятностный характер педагогических явлений и процессов, а также многофакторность педагогической среды, позволяют производить наиболее качественный вывод по результатам проведенного исследования.

Список использованных источников

1. Осипова, С. И. Математические методы в педагогических исследованиях / С. И. Осипова, С. М. Бутакова. – Красноярск : Сибирский федеральный университет, 2012. – 264 с.
2. Сидоренко, Е. В. Методы математической обработки в психологии / Е. В. Сидоренко. – СПб. : Речь, 2010. – 350 с.
3. Новиков, А. М. Методология научного исследования / А. М. Новиков, Д. А. Новиков. – М. : URSS, 2010. – 275 с.

References

1. Osipova S. I. Mathematical methods in educational research. Krasnoyarsk, 2012, 264 p.
2. Sidorenko E. C. Methods of mathematical processing in psychology. St. Peterburg, 2010, 350 p.
3. Novikov A. M. Scientific research Methodology. Moscow, 2010, 275 p.

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 535.6.07

ЛАБОРАТОРНЫЙ СТЕНД ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ЗАКОНОВ СМЕШЕНИЯ ЦВЕТОВ

В. И. Королев, М. В. Логунов, Д. В. Пьянзин

*ФГБОУ ВПО «Мордовский государственный университет
имени Н. П. Огарёва», г. Саранск, Российская Федерация*

Аннотация. В статье представлен лабораторный стенд, разработанный для изучения законов смешения цветов с применением светодиодов.

Ключевые слова: телевидение, цветовое зрение, лабораторный стенд.

LABORATORY BENCH TO STUDY THE PRINCIPLES OF COLOR MIXING

V. I. Korolev, M. V. Logunov, D. V. Pyanzin

Abstract. This paper presents the laboratory bench, designed for the study of the principles of color mixing using LEDs.

Keywords: television, color vision, laboratory bench.

Как известно, физиологические основы цветового зрения основаны на трехкомпонентной теории, согласно которой в нашем зрительном анализаторе допускается существование трех видов «аппаратов», каждый из которых чувствителен к определенному участку видимого спектра – коротковолновому, средневолновому, длинноволновому [1–3].

Для глубокого понимания учебного материала раздела «Зрительное восприятие» курса телевидения большой интерес представляет изучение метода аддитивного образования цветов, при котором происходит смешение (сложение) световых потоков от нескольких источников [1; 4; 5].

Далее представлено описание лабораторного стенда для изучения принципов смешения цветов на базе индикаторных трёхцветных *RGB* светодиодов. Стенд позволяет моделировать работу ячеек устройств воспроизведения цветных изображений и предназначен для использования в лабораторном практикуме по дисциплине «Основы телевидения и видеотехники».

Структурная схема лабораторного стенда, приведенная на рис. 1, включает в себя следующие функциональные узлы: блок *RGB* светодиодов; генераторы импульсов с изменяющейся частотой и длительностью; блок управления, позволяющий менять скважность импульсов.

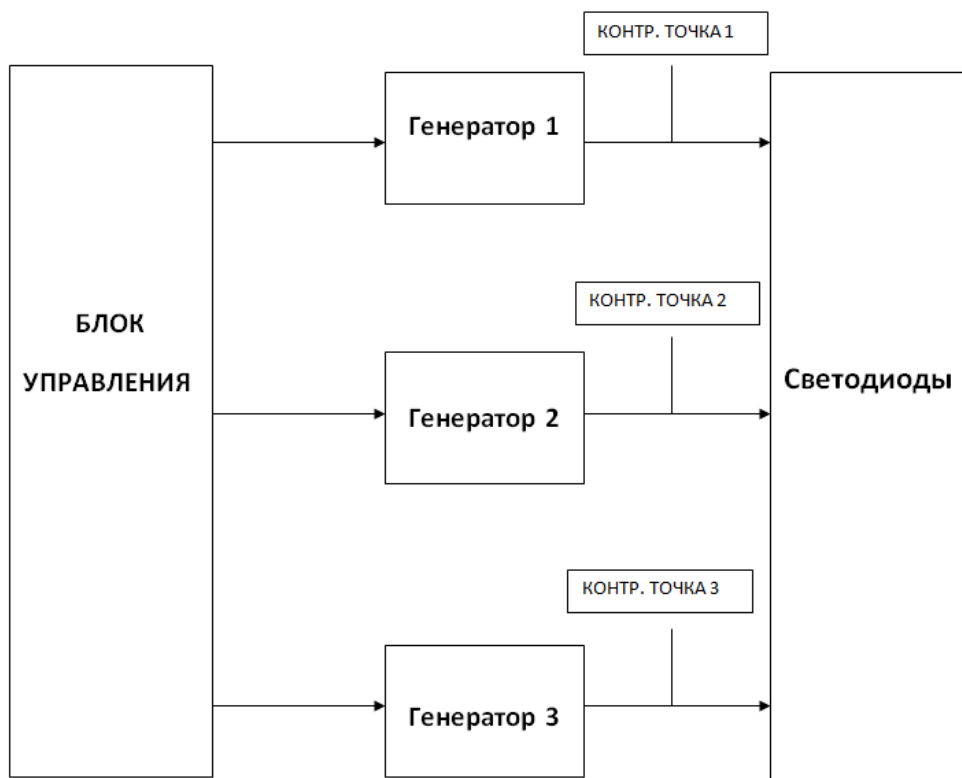


Рис. 1. Структурная схема лабораторного стенда

Для регистрации формы импульсов тока и измерения среднего значения силы тока в цепях светодиодов в стенде предусмотрены разъемы (контрольные точки), к которым подключаются входы осциллографа.

Блок светодиодов представляет собой 6 индикаторных светодиодов. В каждом корпусе светодиода имеется красный, синий и зеленый светодиоды.

Генератор импульсов представляет собой ШИМ-контроллер, позволяющий изменять скважность последовательности импульсов. Для управления использован набор переменных сопротивлений, подключенных к ШИМ-контроллеру и обеспечивающих в ручном режиме изменение параметров импульсов.

В таблице 1 приведены технические характеристики разработанного лабораторного стенда.

Таблица 1

Технические характеристики лабораторного стенда

№ п/п	Параметры	Значения
1.	Напряжение питания, В	10
2.	Ток потребления, не более, мА	600
3.	Количество каналов управления, шт.	3
4.	Частота импульсов управления, Гц	30-1000
5.	Скважность импульсов управления, %	0-100
6.	Тип применяемых светодиодов	RGB индикаторные (три диода в одном корпусе)

Принципиальная схема лабораторного стенда приведена на рис. 2.

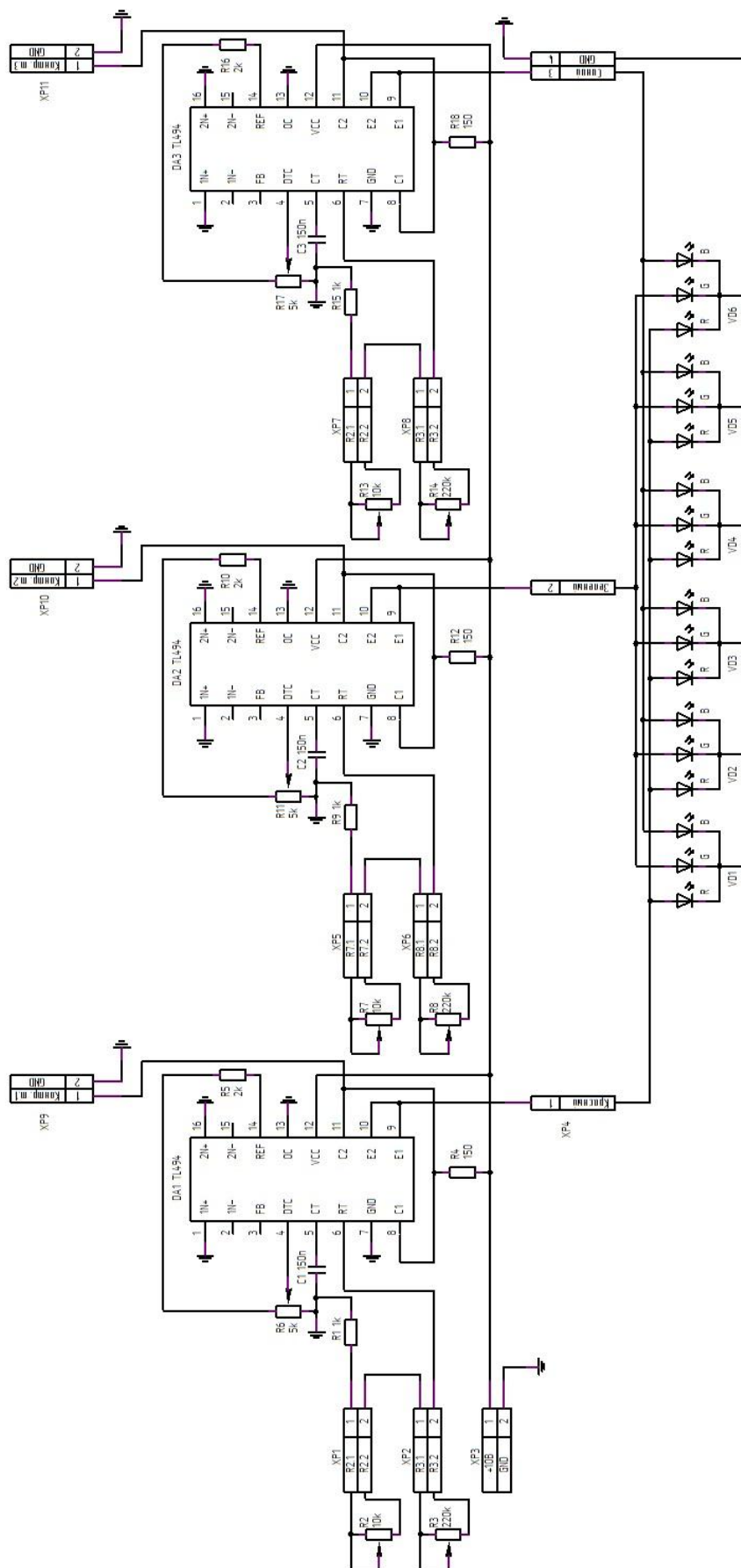


Рис. 2. Принципиальная схема лабораторного стенда

Лабораторный стенд представляет собой три генератора импульсов с переменной скважностью. Первый генератор питает красные светодиоды, второй и третий генераторы питают зеленые и синие соответственно. Генераторы являются идентичными. При изменении длительности импульсов с помощью потенциометров R_6 , R_{11} и R_{17} изменяется среднее значение тока через соответствующие светодиоды, тем самым получают различные оттенки смешанных цветов.

В качестве микросхемы управления использовался ШИМ генератор на базе драйвера *TL494* фирмы *Texas Instrument*. Микросхема выпускается и другими компаниями под разными наименованиями. Например, фирма *SHARP* (Япония) выпускает микросхему *IR3M02*, фирма *FAIRCHILD* (США) – и *A494*, фирма *SAMSUNG* (Корея) – *KA7500*, фирма *FUJITSU* (Япония) – *MB3759* и т. д. Все эти микросхемы являются полными аналогами отечественной микросхемы *KP1114EУ4*, разработанной для управления силовой частью импульсных блоков питания.

Порядок выполнения лабораторной работы включает изучение принципов работы импульсного генератора на базе микросхемы *TL494*, измерение параметров импульсов тока в цепях светодиодов, изучение законов смешения цветов, формирование белого света из базовых цветов путем изменения интенсивности свечения красных, синих и зеленых светодиодов стенда.

Представленный стенд применяется в лабораторном практикуме по дисциплине «Основы телевидения и видеотехники» на кафедре радиотехники Мордовского государственного университета им. Н. П. Огарёва.

Список использованных источников

1. Быков, Р. Е. Основы телевидения и видеотехники / Р. Е. Быков. – М. : Горячая линия – Телеком, 2006. – 299 с.
2. Гуторов, М. М. Основы светотехники и источников света / М. М. Гуторов. – М. : Энергоатомиздат, 1983. – 384 с.
3. Джакония, В. Е. Телевидение / В. Е. Джакония, А. А. Гоголь, Я. В. Друзин и др.; Под ред. В. Е. Джаконии. – М. : Горячая линия – Телеком, 2007. – 616 с.
4. Крыжановский В. Д. Телевидение цветное и черно – белое / В. Д. Крыжановский, Ю. В. Костыков. – М. : Связь, 1980. – 338 с.
5. Саруханов, В. А. Азбука телевидения / В. А. Саруханов. – М. : Аспект Пресс, 2003. – 224 с.

References

1. Bykov R.E. Fundamentals of television and video equipment. Moscow, 2006, 299 p.
2. Gutorov N. M. Fundamentals of lighting engineering and light sources, Moscow, Energoatomizdat, 1983, 384 p.
3. Diakonia W. E. Tv, Moscow, Telecom, 2007, 616 p.
4. Kryzhanovsky C. D. TV color and black and white. Moscow, Swyas, 1980, 338 p.
5. Saruhanov W. A. ABC television. Moscow, AsrectPress, 2003, 224 p.

ИЗУЧЕНИЕ ТЕНЗОЭФФЕКТА В ПОЛУПРОВОДНИКОВОМ ТЕНЗОРЕЗИСТОРЕ

М. И. Майоров, А. М. Майоров

ФГБОУ ВПО «Мордовский государственный университет имени
Н. П. Огарёва», г. Саранск, Российская Федерация

Аннотация. Описана конструкция полупроводникового тензорезистора. Для измерения чувствительности тензорезистора к деформации разработана установка. Предложена модель для расчета относительной деформации и приведена формула для ее вычисления. Разработанная установка позволяет измерять температурные характеристики полупроводниковых тензорезисторов. В статье приведена электрическая схема установки, с указанием конкретных измерительных приборов. Схема установки проста и доступна для повторения. Подробно описана методика измерений и обработки результатов.

Ключевые слова. Тензоэффект, полупроводниковый тензорезистор, относительная деформация.

TENSION RESISTIVE EFFECT STUDYING IN THE SEMICONDUCTOR RESISTANCE STRAIN GAUGE.

M. I. Mayorov, A. M. Mayorov

Abstract. The design of a semiconductor resistance strain gage is described, installation is developed. For measurement of sensitivity of a resistance strain gage to deformation, the model for calculation of the relative deformation is offered and the formula for its calculation is given. The developed installation allows to measure temperature characteristics of semiconductor resistance strain gages. The installation circuitry is given in article, with the indication of concrete measuring apparatuses. The scheme of installation is prime and accessible to repetition. Explicitly the measurement technique and processings of results is described.

Keywords: tension resistive effect, semiconductor resistance strain gage, the relative deformation.

В 1961 г. при измерении электрострикции кристаллов германия было обнаружено, что их сопротивление значительно изменяется в зависимости от деформации. Резистор, в котором использован этот эффект, называется полупроводниковым тензорезистором [1].

Простейший полупроводниковый тензорезистор, представляет собой пластину или стержень полупроводника с омическими контактами на концах (рис.1). Один конец пластины закреплен в неподвижном основании, а на другой действует сила F . Для характеристики изменения сопротивления при деформации пользуются коэффициентом тензочувствительности:

$$m = \frac{\Delta R / R}{\Delta l / l} \quad (1)$$

который представляет собой отношение относительного изменения сопротивления $\Delta R/R$ к относительной деформации $\Delta l/l$ в данном направлении (l - размер полупроводника в направлении деформации). В тензорезисторе при изгибе меняется длина стержня, следовательно, направление деформации совпадает с осью стержня.

Для уменьшения влияния температуры на величину сопротивления тензорезисторы обычно изготавливают из примесных полупроводников, в которых концентрация основных носителей равна концентрации примеси (используются примеси, дающие мелкозалегающие уровни) и не зависит от деформации. Поэтому изменения сопротивления при деформации определяются только изменением подвижности. Так как $\rho \sim 1/\mu$, то:

$$m = \frac{-\Delta\mu/\mu}{\Delta l/l} \quad (2)$$

Поскольку при сжатии $\Delta l < 0$, то знак изменения подвижности в этом случае совпадает со знаком m .

Коэффициент тензочувствительности для германия и кремния имеет наибольшее значение порядка 150. Знаки для германия и кремния и направление деформации, в котором m максимально, показаны в таблице №1

Зависимость подвижности от деформации в арсениде галлия n -типа носит более сложный характер.

При малых давлениях подвижность электронов с ростом давления уменьшается ($m < 0$), что связано с переходом электронов из минимума [000] в минимум [100] опускается ниже минимума [000], подвижность увеличивается с ростом давления ($m > 0$) Однако для создания тензорезисторов арсенид галлия n -типа практически не используется вследствие малого значения m .

Большой тензочувствительностью обладают также некоторые полупроводниковые соединения, например:

$$n - \text{GaSb} (m_{[111]} = 226),$$

$$p - \text{InSb} (m_{[111]} = 212)$$

Одним из методов увеличения тензочувствительности тензорезистора является уменьшение концентрации примеси. В полупроводнике, проводимость которого близка к собственной, электропроводность меняется за счет изменения двух величин: μ и E_g . Поэтому изменение электропроводности при деформации, а соответственно и величина m больше.

Таблица 1

Материал	Тип	m	Направление
Германий	p	> 0	[111]
	n	< 0	[111]
Кремний	P	< 0	[111]
	n	> 0	[000]

Однако при этом величина электрической проводимости сильно зависит от температуры, что приводит и к зависимости m от температуры (рис.2). Так как $R \sim \exp(E_g/2kT)$, то относительное изменение сопротивления собственного полупроводника при изменении E_g равно $\frac{\partial R}{R \partial E_g} = \frac{1}{2} kT$.

В этом случае зависимость $m(T)$ пренебрегая зависимостью $\mu(T)$, от деформации можно на основании (1) записать в виде $m = A/T$. Такая зависимость $m(T)$ для высокоомного полупроводника наблюдается и экспериментально (кривая 1 на рис. 1).

Увеличение тензочувствительности примесного полупроводника можно достигнуть компенсированием его примесью, образующей глубокие уровни в запрещенной зоне. В области температур, соответствующих ионизации примеси, электрическая проводимость полупроводника зависит от E_n .

В германии и кремнии легированных золотом с ростом давления величина E_n уменьшается. Это по разному сказывается на их тензочувствительности. Например, в n – германии μ_n , при сжатии уменьшается, что приводит к уменьшению электропроводности. Таким образом, уменьшение σ частично компенсируется ростом σ вследствие уменьшения E_n т.е. тензочувствительность уменьшается.

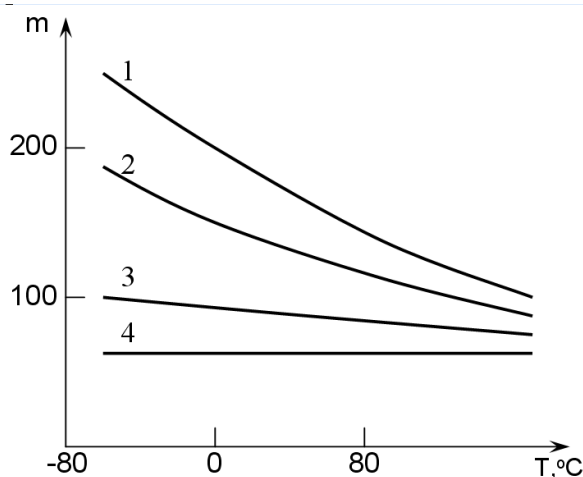


Рис. 1. Изменение тензочувствительности кремниевых тензорезисторов p – типа в зависимости от температуры. Содержание примеси бора: 1 – менее 10^{14} см^{-3} ; 2 – менее $5 \cdot 10^{18} \text{ см}^{-3}$; 3 – менее $3 \cdot 10^{19} \text{ см}^{-3}$; 4 – менее 10^{20} см^{-3}

В кремнии n – типа наоборот, μ_n растет при сжатии. Уменьшение E_n в этом случае приводит к дополнительному росту электропроводности и тензочувствительность растет. Однако повышение тензочувствительности полупроводника введением глубоких уровней также приводит к увеличению зависимости сопротивления и от температуры.

Зависимость относительного изменения сопротивления от деформации растяжения сохраняет линейный характер вплоть до максимальной деформации. Для области сжатия тензорезистор можно использовать лишь до значения 0.12%, что, однако, вполне достаточно для большинства проблем, встречающихся в машиностроении.

Полупроводниковые тензорезисторы можно приклеивать на поверхность измеряемой детали аналогично фольговым. Благодаря небольшой толщине их можно наклеивать и на кривую поверхность небольшого диаметра.

Производство этих тензорезисторов весьма трудоемко и требует больших издержек. При этом необходимо иметь опыт и прецизионные приспособления для шлифования. Основой тензорезистора является кристалл кремния или германия, содержащий примеси типа n или p благодаря чему он становится электропроводящим. Проводимость можно регулировать, изменяя количество примесей, при этом сопротивление тензорезисторов изменяется от 100 Ом до 10 кОм. Таким образом, в случае полупроводникового тензорезистора величина сопротивления зависит не от размеров, а главным образом, от концентрации примесей в кристалле. Благодаря этому указанным способом можно изготовить миниатюрные тензорезисторы, сопротивление которых больше, чем у крупных проволочных тензорезисторов.

Конструкция экспериментальной установки

Степень чувствительности тензорезистора к деформации определяет постоянная, которая представляет собой коэффициент пропорциональности между относительным изменением сопротивления тензорезистора и относительной деформации детали.

Для измерения чувствительности тензорезистора к деформации применена установка [2] показанная на рис.2. Тарировочная балка 1 стальная (ст.45), она расположена на двух опорах, одна из которых подвижная, а другая неподвижная и соединена с основанием 4 экспериментальной установки при помощи винтов. Нагрузки тарировочной балки 1 осуществляются с правой стороны при помощи винта нагружения 5. Прогиб тарировочной балки 1 при нагружении измеряем с помощью индикатора 3 с ценой деления 0.01 мм (индикатор часового типа), который закреплен над правым концом тарировочной балки 1 при помощи скоб, и может измерять прогиб тарировочной балки 1 от 0 до 10 мм. Между подвижной и неподвижной опорами при помощи винта нагружения 5 создается область изгибающего момента.

На нижнюю сторону тарировочной балки 1 наклеен полупроводниковый тензорезистор 2 КТЭ2Б.

Вся установка помещена в термостат 6, в котором можно создавать температуру в пределах от 10 до 50°C

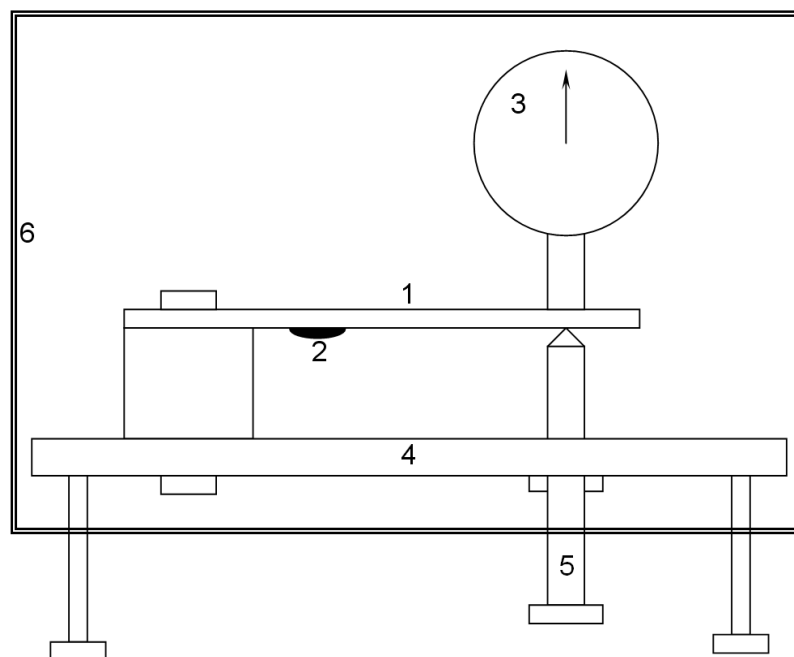


Рис. 2. Схема установки для измерения характеристик тензорезисторов.
 1 – тарировочная балка; 2 – тензорезистор, наклеенный на балке;
 3 – индикатор для измерения прогиба; 4 – основание установки;
 5 – винт нагружения; 6 – термостат

Расчет относительной деформации (ε) балки в месте наклейки тензорезистора (в сечении В-В) производится по формуле [3]:

$$\varepsilon = \frac{3 \cdot \Delta \cdot h \cdot (l - x)}{2 \cdot l^3} \quad (3)$$

где данные h – толщина балки, l – длина балки, x – расстояние до тензорезистора, определяются из характеристик установки, Δ – прогиб балки (рис.3), задают в ходе эксперимента.

Электрическая схема установки

Электрическая схема установки (рис. 4) состоит из мультиметра типа В7-21А, нагревательного устройства и кремниевого тензорезистора. Мультиметр В7-21А служит для измерения сопротивления тензорезистора с точностью до 0,01 ом.

В нагревательное устройство входит: нагревательный элемент $R_{\text{нагр}}$ и выключатель S_2 . Нагревательное устройство представляет собой лампу накаливания и подключается через выключатель S_2 в электрическую сеть с переменным напряжением ~ 220 В. Выключатель S_2 служит для включения и выключения нагревательного элемента с целью поддержания постоянной температуры в термостате. Кремниевый тензорезистор марки КТЭ2Б соединен через выключатель S_1 с мультиметром В7-21А.

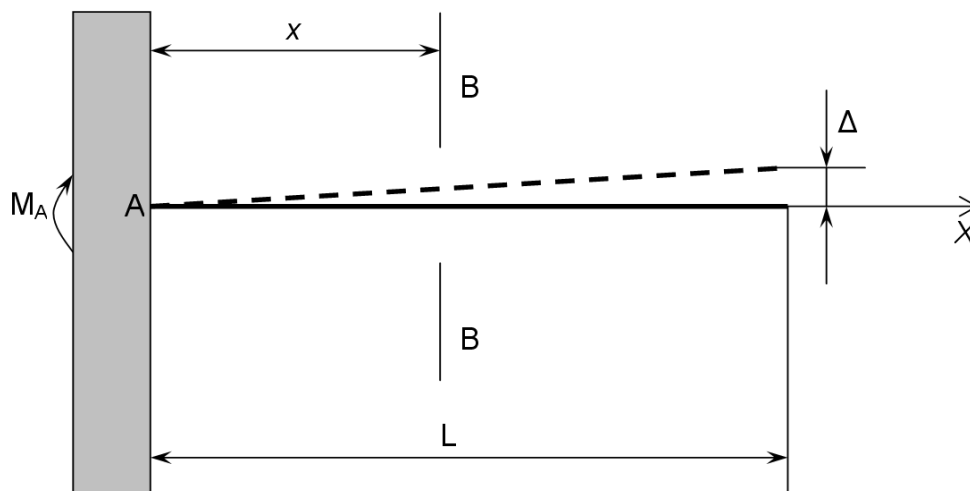


Рис. 3. Модель для расчета относительной деформации

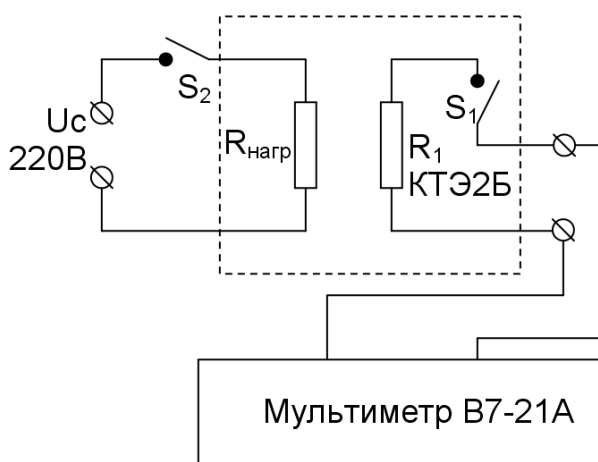


Рис. 4. Электрическая схема установки

Методика измерений

Измерение относительной деформации материала при помощи полупроводниковых тензорезисторов при постоянной температуре производится следующим образом.

После включения схемы (переключатель S_1 замкнут), индикатор должен быть установлен на «нуль» т.е. деформация балки равна нулю. Затем при помощи нагревательного устройства ($R_{\text{нагр}}$) устанавливаем температуру 20°C в термостате 6. Эту температуру стабилизируют в течение 5 минут.

Тарировочная балка 1 находится в свободном состоянии, т.е. перемещение балки равно нулю ($\Delta=0$). При помощи мультиметра В7-21А измеряем сопротивление тензорезистора. Затем при помощи винта нагружения 5 изгибаем тарировочную балку 1 устанавливаем на индикаторе перемещение равное 0.5 мм ($\Delta=0,5$ мм) и опять измеряем сопротивление тензорезистора. И далее, устанавливая перемещение через 0.5 мм (т. е. 1.0 мм, 1.5 мм до 5 мм) измеряем сопротивление тензорезистора. После получения перемещения в 5 мм и измерения сопротивления тензорезистора, разгружаем тарировочную балку 1 при помощи винта 5 (поворачивая винт влево), вновь устанавливаем «нуль» на индикаторе 3. Затем устанавливаем температуру в термостате равной 25°C

(температуру стабилизируем) и вновь проводим измерения сопротивления тензорезистора при перемещении балки от 0 до 5 мм. Устанавливаем температуру от 25 до 50°C, через 5°C производим измерения сопротивления тензорезистора при перемещении балки от 0 до 5 мм. Полученные результаты записываем в таблицу.

Для определения зависимости сопротивления тензорезистора от температуры при постоянном перемещении измерения производятся в следующей последовательности. С помощью винта нагружения 5 устанавливаем постоянное перемещение $\Delta=0,5$ мм. Затем устанавливаем температуру 20°C в термостате 6. Температуру стабилизируем в течение 20 минут, после чего измеряем сопротивление тензорезистора. Далее устанавливая температуру в термостате от 20 до 50°C через 5°C, измеряем сопротивление тензорезистора при постоянном перемещении. Затем устанавливаем перемещение балки равной 1 мм ($\Delta=1$ мм) и вновь производим измерения сопротивления тензорезистора при температуре от 20 до 50°C. Полученные результаты заносим в таблицу. После снятия результатов рассчитываем относительную деформацию тарировочной балки в месте наклейки тензорезисторов при перемещении балки от 0 до 5 мм.

На основании всех этих данных строим графические зависимости сопротивления (R) от относительной деформации (ε) при разных значениях температуры (20–50°C).

Существенное значение для полупроводниковых тензорезисторов имеет зависимость тензочувствительности тензорезистора от температуры окружающей среды $m=f(t)$. Для получения этой зависимости необходимо вычислить тензочувствительность тензорезистора в диапазоне температур от 20 до 50°C через 5°C. для этого:

1. Рассчитать тензочувствительность тензорезистора для каждой температуры по формуле:

$$m = \frac{\Delta R / R}{\varepsilon} \quad (4)$$

где ε – относительная деформация:

$$\Delta R = R_{\varepsilon} - R_0 \quad (5)$$

2. Построить график зависимости $m=f(t)$ в интервале 20–50°C.

Список использованных источников

1. Викулин, И. М. Полупроводниковые датчики / И. М. Викулин, В. И. Стафеев. – М. : Советское радио, 1975. – 104 с.
2. Сорокина, Н. К. Физические основы методов контроля. Лабораторный практикум / Н. К. Сорокина, М. И. Майоров, А. М. Майоров, М. Н. Васютин. – Рузаевка : Рузаевский печатник, 2007. – 72 с.
3. Костенко, Н. А. Сопротивление материалов / Н. А. Костенко. – М. : Высш. шк., 2004. – 430 с.

References

1. Vikulin I. M. Semiconductor sensors. Moscow, Soviet Radio, 1975, 104 p.
2. Sorokina N. Physical fundamentals of control. Laboratory workshop. Ruzaevka, Ruzaevsky printmaker, 2007, 72 p.
3. Kostenko N. A. Strength of Materials psychology. Moscow, Higher School, 2004, 430 p.

УДК 628.9:681.7

ЛАБОРАТОРНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИЗМЕРЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ОПТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ СВЕТОВЫХ ПРИБОРОВ

И. И. Байнева, В. В. Байнев

*ФГБОУ ВПО «Мордовский государственный университет
имени Н. П. Огарёва», г. Саранск, Российская Федерация*

Аннотация. Рассмотрены задачи светотехнического расчёта световых приборов, светоперераспределяющих оптических устройств. Описаны характеристики и свойства элементарных отображений оптической системы прожектора с зеркальным отражателем. Приведены описание и математические зависимости для расчета характеристик с помощью установки для исследования элементарных отображений и аберрации.

Ключевые слова: световой прибор, источник света, оптическая система, отражатель, элементарное отображение, аберрация, яркость.

LABORATORY INSTALLATION FOR RESEARCH AND MEASURE THE CHARACTERISTICS OF THE OPTICAL SYSTEM LIGHTING DEVICES

I. I. Bayneva, W. W. Baynev

Abstract. We consider the problem of lighting calculation of lighting devices, setoperatorbreak optical devices. Describes the characteristics and properties of elementary representations of the optical system spotlight with mirror reflector. The description and mathematical dependences for calculation of parameters by means of the installation for investigation of elementary representations and aberration.

Keywords: light, the light source, optical systems, reflector, elementary display, aberration, brightness.

Введение

Световой прибор (СП) состоит из множества элементов, таких как источник света (ИС), оптическая система, пускорегулирующая аппаратура, электроустановочные устройства, конструктивные узлы, параметры которых существенно зависят от особенностей конструкции СП и заметно влияют на

его характеристики в целом [1]. Задачей светотехнического расчёта СП является определение геометрической формы элементов оптической системы СП, обеспечивающей при совместном действии с выбранным ИС требуемое светораспределение.

Оптические системы световых приборов

Основную роль перераспределения и преобразования света ИС играет оптическая система СП, состоящая из элементов, участвующих в трансформации света. Свойства и характеристики оптической системы являются основополагающими при проектировании СП.

Одной из наиболее распространенных оптических систем СП, как светильников, так и приборов прожекторного класса, является зеркальная система. Отражатели оптической системы, как правило, состоят из вогнутых или плоских зеркальных отражателей, могут быть цельными или составными, а их поверхность – гладкой, волнистой, офактуренной, ломаной и т.п. В основных видах зеркальных отражателей используются свойства параболических, эллиптических, гиперболических, цилиндрических и плоских зеркальных поверхностей.

Параболоидные отражатели используются почти во всех типах приборов прожекторного класса. В зависимости от условий работы и требований они могут значительно отличаться друг от друга по диаметру, углу охвата, оптической точности, прочности, весу и стоимости.

Зеркальные отражатели приборов прожекторного класса должны иметь такую форму, чтобы их оптическая система обеспечивала максимальную концентрацию светового потока источника. Это предполагает вполне определенный ход фокальных падающих и отраженных световых лучей (рисунок 1). Реальные отражатели могут иметь отклонения от идеальной формы в результате расчетных и(или) технологических погрешностей. Если на такой отражатель упадет пучок световых лучей, параллельных оптической оси, то они после отражения не соберутся в точке его теоретического фокуса F . Это произойдет в результате того, что каждый участок реального отражателя имеет свой фокус, т.е. точку в пространстве, где соберутся отраженные лучи, упавшие на зону параллельным пучком. Несовпадение фокусов отдельных участков отражателя называется аберрацией.

На рис. 1 F_0 – действительный фокус реальной оптической системы, F_φ – зональный фокус реальной оптической системы, f_0 – фокусное расстояние реальной оптической системы, Δf – линейная аберрация зоны светоперераспределяющего устройства светового прибора (СПУ), $\Delta\alpha$ – угловая аберрация.

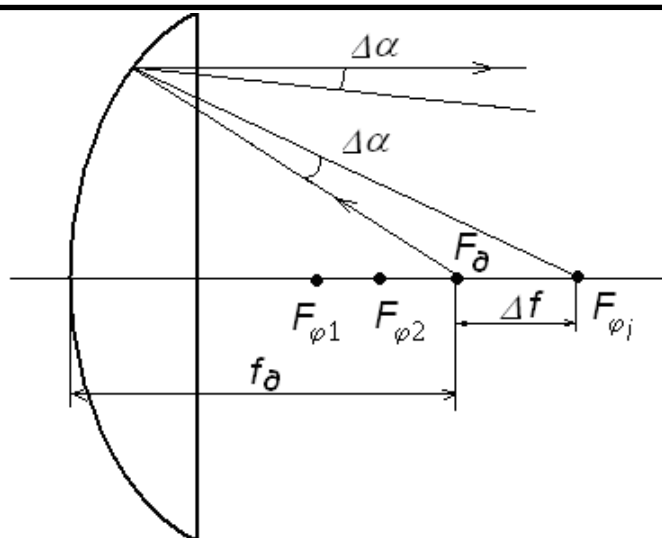


Рис. 1. Характеристики отражательной оптической системы прожектора

Элементарные отображения оптической системы

Один из методов расчета площади и яркости светлой части СП основан на принципе объединения множества лучей источника и оптической системы в некоторые подмножества. При этом предполагается, что все пространство насыщено световыми лучами, составляющими конические пучки с вершинами на точках излучающих или облучаемых поверхностей (т. М) (рис. 2).

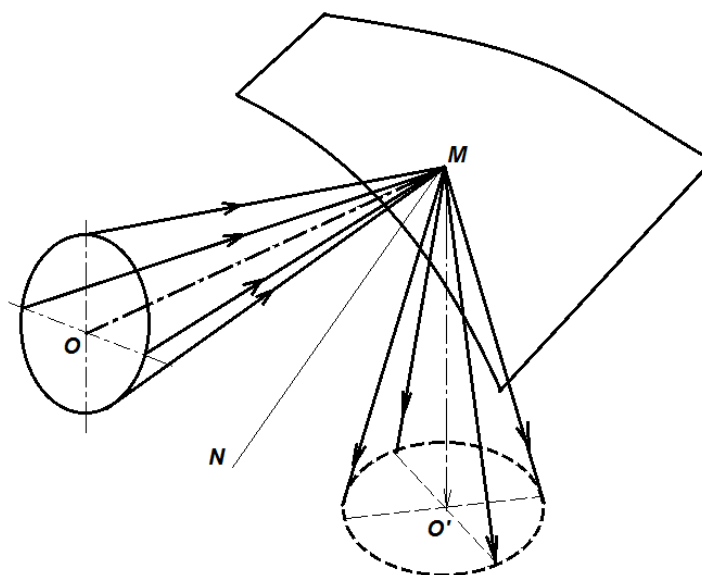


Рис. 2. Принцип группировки лучей в конические пучки

Такое объединение лучей в конические тела предложил в XIX века русский ученый В. Н. Чиколев [1]. Лучи, падающие от источника на поверхность оптического устройства (ОУ), собраны в конические пучки с основанием на излучающем теле (например, ИС) и вершинами на точках поверхности оптической системы (рис. 2). Световой пучок ОУ тоже состоит из конических пучков, вершины которых лежат на точках излучающей поверхности СП. Размеры, форма и местоположение в пространстве этих пучков определяются размерами и формой конических пучков излучающего тела, свойствами са-

мой оптической системы. Таким образом, конические пучки лучей, посылаемые во внешнее пространство СП, содержат достаточную информацию об излучающем теле и ОУ, чтобы судить о размерах и яркости его светлой части.

Конические пучки световых лучей, падающие от светящего тела на точку поверхности оптического устройства, и лучей, посылаемых ОУ в окружающее пространство, называются элементарными отображениями (ЭО). Элементарные отражения могут быть в падающем, отраженном или пропущенном свете.

Угловые размеры ЭО зеркального элемента определяются видимыми размерами светящего тела. Для определения формы ЭО достаточно знать два его главных размера: ξ_c и $\xi_{сп}$ – размеры ЭО в падающем свете; ξ и ξ_n – размеры ЭО в отраженном свете.

Если на пути ЭО поставить экран, то на нём ЭО образует пятно, называемое следом ЭО (рис. 3). Его форма и размеры определяются краевыми осевыми лучами. Линия, являющаяся геометрическим местом следов краевых лучей ЭО – контурная линия следа ЭО, центр которого – след осевого луча. След ЭО может иметь форму круга (для шарового светящего тела), эллипса (для дискового светящего тела) и эллипсоидного кольца (для кольцевого светящего тела). След может быть построен как в линейной, так и в угловой мере.

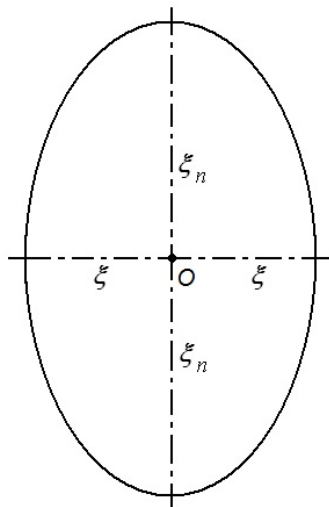


Рис. 3. След ЭО в отраженном свете

Экспериментальная установка для исследования элементарных отображений и аберрации

Процесс формирования светового пучка прибора может рассматриваться как создание каждой точкой поверхности отражателя элементарного отображения, ось которого параллельна оптической оси отражателя.

Рассмотрим параболический отражатель с шаровым источником света, помещенным в фокус отражателя (рис. 4).

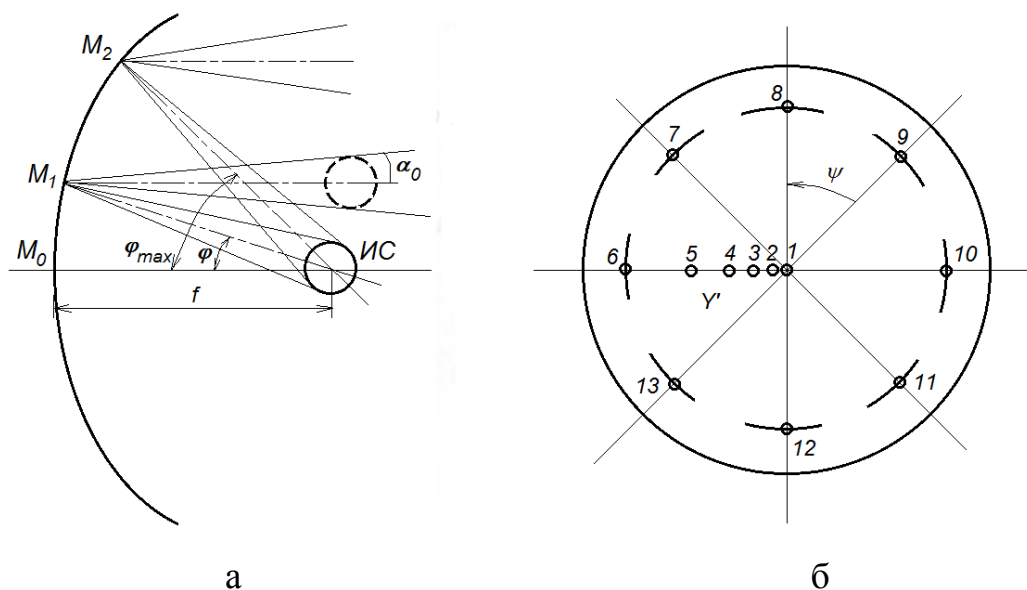


Рис. 4. Схема установки для исследования ЭО:

a – формирование элементарного отображения в параболоидном отражателе;
б – экран с отверстиями

Угловой размер элементарного отображения ξ определяется по формуле:

$$\xi = \frac{r}{f} \cos^2 \frac{\varphi}{2}, \quad (1)$$

где r – радиус шарового источника света; f – фокусное расстояние отражателя; φ – угол, характеризующий положение рассматриваемой точки на поверхности отражателя.

Принимая ЭО на экране, перпендикулярном оптической оси (рис.4б), получим очертание окружности, радиус которой определяется угловым размером шарового источника света и расстоянием от экрана до отражателя. Наибольший угловой размер ξ_{\max} имеет ЭО вершины отражателя M_0 , тогда (т. к. $\varphi=0^0$)

$$\xi = \frac{r}{f}. \quad (2)$$

Наименьший угловой размер ξ_{\min} имеет ЭО краевой точки отражателя M_2 :

$$\xi_{\min} = \frac{r}{f} \cos^2 \frac{\varphi_{\max}}{2}, \quad (3)$$

где φ_{\max} – угол охвата отражателя.

Форма следов ЭО соответствует форме и расположению источников света. При источнике света в виде тонкой нити длиной $2l$ и диаметром $2r$, расположенном в фокусе отражателя поперек оптической оси в горизонтальной плоскости, след любого элементарного отображения на экране, перпен-

дикулярном оптической оси, можно принять по форме за узкий прямоугольник, расположенный горизонтально. В этом случае для углового размера ЭО по горизонтали:

$$\xi_{\varphi \text{ ГОР}} = \frac{l}{2f}(1 + \cos \varphi)\sqrt{1 - \sin^2 \varphi \sin^2 \psi}, \quad (4)$$

для углового размера ЭО по вертикали

$$\xi_{\varphi \text{ ВЕР}} = \frac{r}{2f}(1 + \cos \varphi)\sqrt{1 - \sin^2 \varphi \cos^2 \psi}, \quad (5)$$

где φ – угол, характеризующий положение зоны на отражателе; ψ – угол, характеризующий положение отраженной точки на зоне (рис. 4б).

Если источник света нитевидной формы (тонкий цилиндр) расположен в фокусе отражателя вдоль оптической оси, то след любого элементарного отображения (кроме ЭО вершины отражателя) на экране также можно принять по форме за узкий прямоугольник. Большая сторона этого прямоугольника расположена в плоскости того меридионального сечения отражателя, которое проходит через отражающую точку, создающую рассматриваемое ЭО. След ЭО вершины отражателя представляет собой круг.

Для любой точки бесконечно узкой круговой зоны отражателя ЭО будут одинаковыми по форме и размерам, но с различными направлениями осей в пространстве. Определим угловые размеры ЭО любой отражающей точки в этом случае:

для максимального углового размера ЭО:

$$\xi_{\varphi \text{ max}} = \frac{l}{2f}(1 + \cos \varphi)\sin \varphi, \quad (6)$$

для минимального:

$$\xi_{\varphi \text{ min}} = \frac{r}{2f}(1 + \cos \varphi), \quad (7)$$

Возьмем производную от $\xi_{\varphi \text{ max}}$ по $d\varphi$ и приравняем ее к нулю:

$$\begin{aligned} \frac{\xi_{\varphi \text{ max}}}{d\varphi} &= \frac{l}{2f}[-\sin \varphi \sin \varphi + (1 + \cos \varphi)\cos \varphi] = \\ &= \frac{l}{2f}(-\sin^2 \varphi + \cos^2 \varphi + \cos \varphi) = \\ &= \frac{l}{2f}(\cos 2\varphi + \cos \varphi) = 0. \end{aligned} \quad (8)$$

Это условие выполняется при $\varphi = 60^\circ$. Для 60–градусной зоны отражателя максимальный угловой размер элементарного отображения будет наибольшим.

Параболоидные отражатели имеют в различных точках поверхности отклонение от заданной формы, которое обусловлено допущениями, приня-

тыми при расчете формы отражателя, или недостаточно точной обработкой поверхности, что приводит к аберрации.

При аберрационном параболическом отражателе оси элементарных отображений будут не параллельны оптической оси отражателя, а составят с ней углы $\Delta\alpha$, представляющие собой угловые размеры продольной аберрации Δf . Форма и размеры ЭО останутся такими же, как и при безаберрационном отражателе. Для данной зоны величина $\Delta\alpha$ может быть найдена из соотношения:

$$\Delta\alpha = \frac{\Delta f}{2f}(1 + \cos \varphi)\sin \varphi. \quad (9)$$

Измерение угловой аберрации зоны можно пояснить с помощью рисунка 6. Центр шарового источника света совмещен с действительным фокусом аберрационного параболического отражателя. Если бы зона отражателя была безаберрационной, то ось ЭО точки M зоны была бы параллельна оптической оси отражателя и находилась на расстоянии Y от последней. При аберрационной зоне ось ЭО точки M составляет угол $\Delta\alpha$ с оптической осью отражателя и пересекает экран на расстоянии Y от оптической оси отражателя. Размер угловой зоны может быть вычислен по формуле:

$$\Delta\alpha = \arctg \frac{Y' - Y}{Z} = \arctg \frac{\Delta Y}{Z}, \quad (10)$$

где Y' – расстояние на экране от центра элементарного отображения до оптической оси отражателя; Y – расстояние от исследуемой точки отражателя до оптической оси (расстояние от отверстия, соответствующего исследуемой точке отражателя в металлическом диске, до центрального отверстия в диске (таблица 1); Z – расстояние от отражателя до экрана (рис. 5).

Установка состоит из макета светового прибора с отражательной оптической системой со следующими параметрами стеклянного отражателя: диаметр $D=250$ мм; угол охвата отражателя $2\varphi_{max}=120^\circ$; фокусное расстояние $f=108$ мм.

В качестве источника света используется лампа накаливания с телом накала в виде нити (тонкого цилиндра) следующего размера: длина нити $2l=7$ мм; диаметр нити $2r=0,35$ мм.

Напряжение электрической лампы $U=12$ В. Тело накала может располагаться перпендикулярно или вдоль оптической оси. Световое отверстие макета светового прибора перекрыто металлическим диском с отверстиями (рис. 4б). Отверстия на диске расположены в одном радиальном направлении и в одной круговой зоне. Отдельные отверстия на металлическом экране пропускают элементарные отображения, создаваемые небольшими соответствующими участками отражателя.

Чтобы на экране не было изображения, создаваемого непосредственно телом накала, а было только изображение, создаваемое отражателем, источ-

ник света со стороны металлического диска следует закрывать алюминиевым экраном (контротражатель), который снимается, когда исследуется элементарное отображение, создаваемое вершиной отражателя (открыто центральное отверстие на металлическом диске).

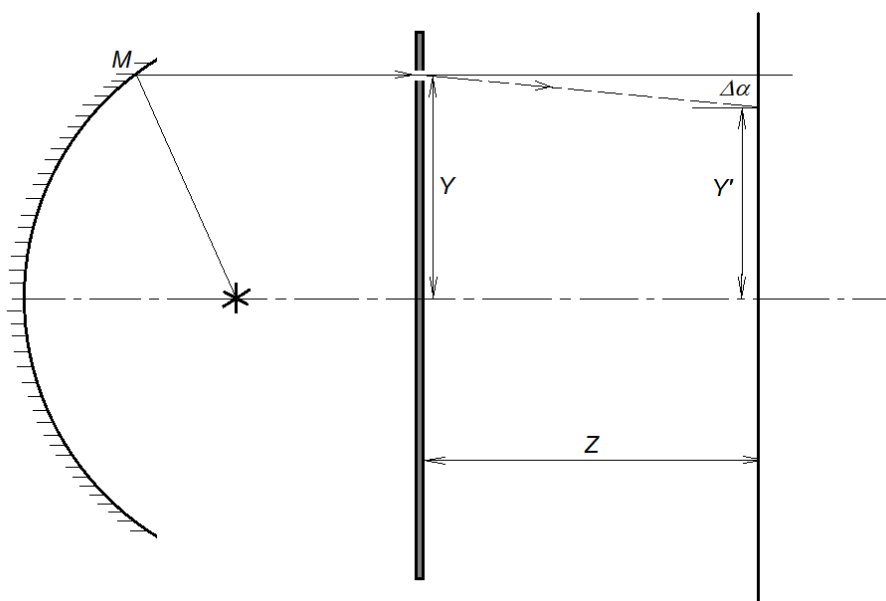


Рис. 5. К расчету угловой аберрации

Каждое отверстие, расположенное в радиальном направлении, может быть определено расстоянием Y (мм), от центра диска (расстояние от соответствующей точки A отражателя до оптической оси) и углом α соответствующей точки A отражателя к оптической оси. В таблице 1 приведены характеристики каждого отверстия, расположенного по радиальному направлению от центра диска.

Таблица 1

φ , град	0	10	20	30	40	50
Y , мм	0	19	38	58	78,5	100

Отверстия по круговой зоне металлического диска имеют характеристики $\varphi = 50^\circ$, $Y = 100$ мм и расположены через каждые 45° .

Отверстия на диске можно закрыть с помощью повешенного около каждого окна экрана. Элементарное отображение после прохождения через отверстие в металлическом диске падает на экран из миллиметровой бумаги, расположенный на определенном расстоянии Z от светового отверстия прибора, и оставляет на нем след.

Линейные размеры и форма следов элементарных отображений соответствуют форме, расположению и размерам применяемого источника света, положению отражающего участка на поверхности отражателя, расстоянию от экрана до отражателя.

Открывая последовательно отверстия на металлическом диске, можно исследовать ЭО, создаваемые различными точками отражателя. Для того

чтобы получить нужную яркость следов элементарных отображений, расстояние от экрана до светового отверстия прибора должно быть не слишком большим и достаточным для удобной работы на установке.

Проведение эксперимента

Исследование ЭО и aberrации оптической системы на описанной выше установке осуществляется в следующей последовательности:

1. Расположение экрана на определенном расстоянии Z от диска с отверстиями. Установка тела накала перпендикулярно оптической оси отражателя. Измерение линейных размеров следов элементарных отображений на экране (по горизонтали l' и по вертикали h') с последовательным открыванием отверстий в металлическом диске,

2. Вычисление фактических угловых размеров ЭО:

$$\xi_{\varphi \text{ ГОР}} = \xi_{\varphi \text{ max}} = \text{arctg} \frac{l'}{Z}, \quad (11)$$

$$\xi_{\varphi \text{ ВЕР}} = \xi_{\varphi \text{ min}} = \text{arctg} \frac{h'}{Z}. \quad (12)$$

3. Установка тела накала вдоль оптической оси. Измерение линейных размеров следов ЭО на экране (максимальный размер l' и минимальный размер h').

4. Определение по формуле (10) значений угловой aberrации для точек отражателя, соответствующих радиальным отверстиям в металлическом диске.

5. Определение фокусного расстояния каждой радиальной точки отражателя:

$$f_{\varphi} = f + \Delta f. \quad (13)$$

Заключение

Описанная установка для экспериментального исследования и измерения элементарных отображений и aberrационных характеристик отражательной оптической системы светового прибора позволяет достаточно быстро и легко определять свойства и характеристики оптической системы и использовать полученные данные для анализа и оптимизации проектируемой оптической системы СП.

Список использованных источников

1. Трэмбач, В. В. Световые приборы / В. В. Трэмбач. — М. : Высш. шк., 1990. — 463 с.

References

1. Trembach W. W. Centuries lights. Moscow, Wsch.schkola, 1990, 463 p.

РАЗРАБОТКА МАКРОМОДЕЛЕЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ АВТОНОМНОЙ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Г. И. Шабанов

ФГБОУ ВПО «Мордовский государственный университет
имени Н. П. Огарёва», г. Саранск, Российская Федерация

Аннотация. В статье описан процесс разработки макромоделей, необходимых для вычисления показателей качества электрической энергии на стадиях автоматизации проектирования автономных систем электроснабжения с вентильными преобразователями. Особенностью полученных полиномов является учёт работы синхронного генератора на вентильную и несимметричную нагрузку.

Ключевые слова: показатели качества электроэнергии, макромодели, весовые коэффициенты полиномов.

DEVELOPMENT OF MACROMODELS TO ASSESS THE QUALITY OF ELECTRICITY AUTONOMOUS POWER SUPPLY SYSTEMS

G. I. Shabanov

Abstract. The article describes the development process of macromodels, which are necessary for calculation of indicators of quality of electric energy on a hundred-dealt design automation Autonomous power supply systems with valve converters. The peculiarity of the obtained polynomials is evidenced by the records of the synchronous generator on the gate and unbalanced load.

Keywords: quality of electricity, macromodel, the weighting coefficients of the polynomials.

Использование вентильных преобразователей (ВП) в системах с источником энергии соизмеримой мощности создаёт ряд научно-технических проблем основной из которых, для автономных энергетических систем (АЭС), является низкое качество электрической энергии [1–4]. Поэтому на этапах проектирования и модельных испытаний элементов АЭС с ВП требуется многократное вычисление показателей качества электроэнергии (ПКЭ).

Одним из путей решения данной проблемы является использование специально разработанных макромоделей, позволяющих проводить серии оценочных расчетов совокупности основных ПКЭ [5].

Энергетические макромодели, в форме полиномов, получают на основе теории планирования экспериментов [6].

На начальном этапе требуется провести отсеивающий эксперимент, обеспечивающий выделение из большого числа параметров доминирующих

величин. При большом объеме исходной информации этот прием приводит к длительным компьютерным вычислениям. Для поддержания числа расчетов в разумных пределах можно воспользоваться инженерно-практическими рекомендациями, обусловленными фундаментальной электротехнической теорией. Такой комплексный подход позволяет исключить вероятность попадания в число исследуемых несущественных факторов и дает наиболее достоверный, научно-обоснованный их выбор.

Для решения поставленной задачи используем модель АЭС выполненную по схеме: синхронный генератор – несимметричная нагрузка – вентильный преобразователь – двигатель постоянного тока (СГ-НН-ВП-ДПТ). Поскольку полиномиальные выражения должны учитывать влияние асимметрии на ПКЭ необходимо задать мощность НН близкой к половине мощности СГ.

Для намеченных параметров схемы АЭС устанавливаются возможные интервалы варьирования, которые должны охватывать реальный диапазон значений факторов с учетом заданных ограничений на их изменения. При назначении интервалов в многофакторном эксперименте следует принимать во внимание два противоречивых момента. Интервал варьирования факторов в регрессионной модели должен быть достаточно мал для получения адекватного уравнения, но вместе с тем и достаточно велик, чтобы не получить ошибочного вывода о незначимом факторе. Исходя из данного условия, интервал варьирования факторов задаём таким образом, чтобы верхний уровень соответствовал номинальным условиям функционирования системы, а нижний не превышал значений, установленных с учетом всех ограничений (табл.1).

Таблица 1.

Интервал варьирования параметров

Параметр	Единица измерения	Минимальное значение	Среднее значение	Номинальное значение
S_B - номинальная полная мощность выпрямителя	кВА	4,376	13,221	16,76
	О.е.	0,242	0,732	0,949
τ – постоянная времени нагрузки выпрямителя	Сек.	0,03	0,06	0,12
	О.е.	9,51	19,02	38,04
\aleph - глубина регулирования напряжения двигателя постоянного тока	О.е.	0,242	0,487	0,747
X_{top} – индуктивное сопротивление токоограничивающего реактора	Ом	0,3	0,6	1,2
	О.е.	0,035	0,071	0,141
X_r – индуктивное сверхпереходное сопротивление генератора	Ом	0,849	1,698	2,547
	О.е.	0,1	0,2	0,3
Z_{var} – варьируемое сопротивление создающее несимметрию фазных напряжений	Ом	8,6	12,9	16,8
	О.е.	1,012	1,519	1,97

Для корректного сопоставления параметров имеющих разные масштабы и размерности используем базисные величины, которые определяются из выражения 1:

$$Z_{\delta} = \frac{U_{\delta}}{S_{\delta}} = \frac{U_{нз} \cdot \sqrt{2}}{I_{нз} \cdot \sqrt{2}} = \frac{230 \cdot \sqrt{2}}{27,1 \cdot \sqrt{2}} = 8,49 \text{ Ом}. \quad (1)$$

Здесь $U_{нз}$ – номинальное фазное напряжение генератора; $I_{нз}$ – номинальное значение фазного тока.

Расчётные выражения исследуемой структуры АЭС в относительных (базисных) единицах (индекс – б) представлены в таблице 2.

Путём тестовых вычислений было установлено, что наиболее приемлемым для данной задачи является 6-факторный В-план с дробной репликой. Заполнение и программная реализация информационной матрицы, её статистическая обработка, позволило получить весовые коэффициенты полиномов для вычисления ПКЭ представленных в табличной (табл. 3) и графической формах (рис. 1.).

Таблица 2.

Расчётные выражения для приведения к базисным величинам

$S_{\delta} = \frac{S_{\delta}}{S_{\Gamma}}$, где S_{Γ} – полная мощность генератора	$\tau_{\delta} = \frac{X_{dн}}{r_d}$, где $X_{dн}$ – индуктивное сопротивление сглаживающего ра; r_d – активное сопротивление нагрузки.	$X_{\text{гор}\delta} = \frac{X_{\text{гор}}}{Z_{\delta}}$
$X_{\Gamma\delta} = \frac{X_{\Gamma}}{Z_{\delta}}$	$Z_{\text{var}\delta} = \frac{Z_{\text{var}}}{Z_{\delta}}$	$\varkappa = \frac{U_d}{U_{d0}}$, где U_d – среднее выходное значение выпрямителя; U_{d0} – выходное значение выпрямителя в расчётном режиме.

Значения расчётных коэффициентов

Параметры	Значения коэффициентов полиномов показателей качества э лектрической энергии						
	Коэффициент несинусоидальности			Коэффи- циент не- симмет- рии	Коэффициент мощности		
	$K_{НС}^A$	$K_{НС}^B$	$K_{НС}^C$		K_M^A	K_M^B	K_M^C
	5,13625	5,05746	4,97124	1,53450	0,74442	0,73650	0,76165
S_B	0,42780	1,40611	-0,90090	0,10695	0,01159	-0,00154	-0,00013
τ	-0,01223	0,01867	0,04509	-0,00306	-0,00473	0,00233	-0,00330
\aleph	-0,03307	0,01264	0,05133	0,00827	-0,00627	0,00059	-0,00463
$X_{мор}$	-0,05779	0,00528	0,05859	-0,01445	-0,00339	-0,00339	0,00430
X_2	-0,11368	-0,00482	0,06916	-0,02842	0,00088	0,00332	-0,00063
Z_{var}	-0,02202	-0,02248	0,09495	-0,00552	0,00518	-0,00726	0,00224
S_6^2	0,02339	0,00023	0,00316	0,00645	0,03221	-0,06755	0,05054
τ^2	0,02363	0,00157	0,00780	0,00652	0,02088	0,13373	0,00234
\aleph^2	0,01289	0,00355	0,0193	0,00382	0,00402	-0,09623	-0,07105
$X_{мор}^2$	-0,00823	0,00328	0,01854	-0,00146	-0,01079	0,08840	-0,00149
X_2^2	-0,03801	0,00365	0,02464	-0,00890	-0,01693	0,00852	0,05164
Z_{var}^2	-0,07402	0,00389	0,03111	-0,01791	-0,01162	-0,04206	-0,03338
$S_6 \cdot \tau$	-0,00684	-0,01320	-0,01923	-0,00171	0,00052	0,00165	-0,00437
$S_6 \cdot \aleph$	-0,01396	-0,02644	-0,03860	-0,00349	0,00119	-0,00032	0,02567
$S_6 \cdot X_{мор}$	-0,03049	-0,05324	-0,07827	-0,00762	0,00703	-0,00109	-0,00114
$S_6 \cdot X_2$	-0,10239	-0,10957	-0,16594	-0,02560	-0,00063	-0,00054	-0,00250
$S_6 \cdot Z_{var}$	0,05755	-0,24987	-0,44518	0,01439	-0,00156	-0,00439	-0,00887
$\aleph \cdot \tau$	0,00014	0,00002	0,00007	0,00004	-0,00007	-0,00143	-0,01360
$\tau \cdot X_{мор}$	0,00031	0,00005	0,00013	0,00008	-0,00043	-0,00494	0,00060
$\tau \cdot X_2$	0,00103	0,00009	0,00038	0,00026	0,00004	0,00246	0,00132
$\tau \cdot Z_{var}$	-0,00058	0,00021	0,00076	-0,00015	0,00010	-0,01986	0,00470
$\aleph \cdot X_{мор}$	0,00063	0,00009	0,00027	0,00016	-0,00099	0,00095	-0,00350
$\aleph \cdot X_2$	0,00211	0,00019	0,00057	0,00053	0,00009	-0,00047	-0,00777
$\aleph \cdot Z_{var}$	-0,00119	0,00043	0,00152	-0,00030	0,00022	0,00381	-0,02759
$X_{мор} \cdot X_2$	0,00462	0,00038	0,00115	0,00115	0,00053	0,00163	0,00034
$X_{мор} \cdot Z_{var}$	-0,00259	0,00087	0,00309	-0,00065	0,00129	0,01414	0,00122
$X_2 \cdot Z_{var}$	-0,00871	0,00179	0,00656	-0,00218	-0,00012	-0,00656	0,00268

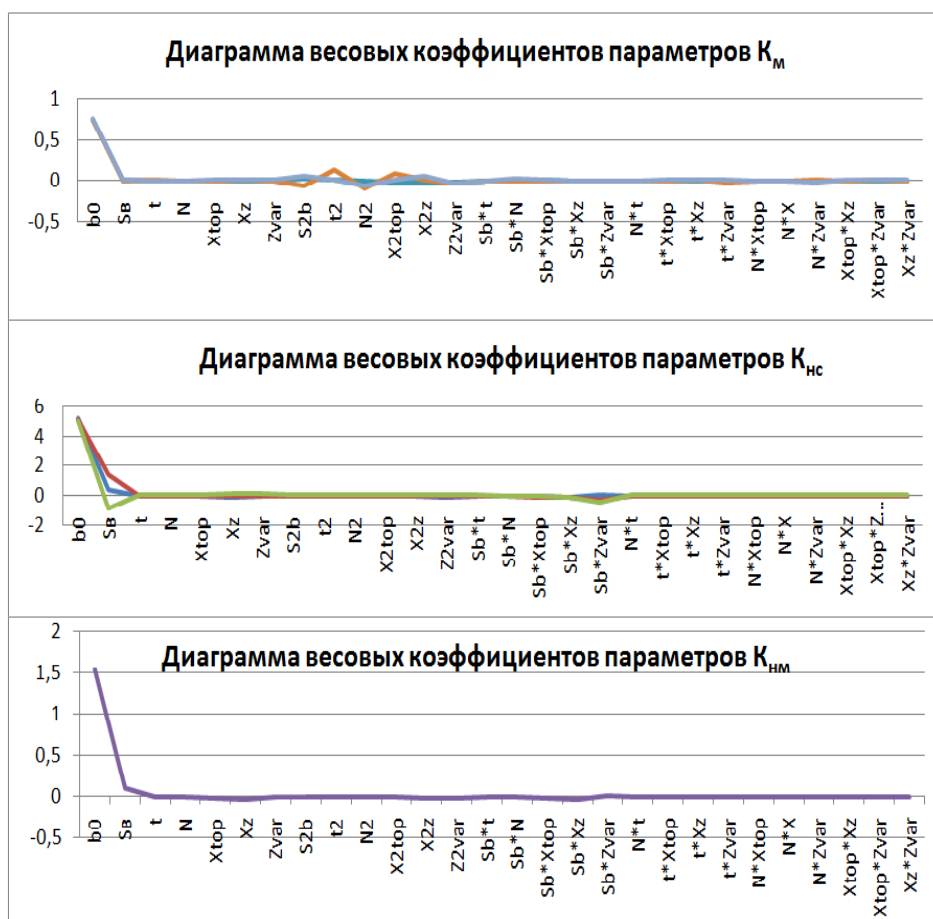


Рис. 1. Диаграммы весовых коэффициентов параметров ПКЭ

Подставляя значения коэффициентов и параметров элементов в выражение 2, можно вычислить приближённые значения ПКЭ без использования сложных расчётов на полной математической модели АЭС:

$$\begin{aligned}
 ПКЭ = & b_0 + b_1 \cdot S_6 + b_2 \cdot \tau + b_3 \cdot \aleph + b_4 \cdot X_{mop} + b_5 \cdot X_2 + b_6 \cdot Z_{var} + b_{11} \cdot S_6^2 + b_{22} \cdot \tau^2 + \\
 & b_{33} \cdot \aleph^2 + b_{44} \cdot X_{mop}^2 + b_{55} \cdot X_2^2 + b_{66} \cdot Z_{var}^2 + b_{12} \cdot S_6 \cdot \tau + b_{13} \cdot S_6 \cdot \aleph + b_{14} \cdot S_6 \cdot X_{mop} \quad (2) \\
 & b_{15} \cdot S_6 \cdot X_2 + b_{16} \cdot S_6 \cdot Z_{var} + b_{23} \cdot \aleph \cdot \tau + b_{24} \cdot \tau \cdot X_{mop} + b_{25} \cdot \tau \cdot X_2 + b_{26} \cdot \tau \cdot Z_{var} + b_{34} \cdot \\
 & \aleph \cdot X_{mop} + b_{35} \cdot \aleph \cdot X_2 + b_{36} \cdot \aleph \cdot Z_{var} + b_{45} \cdot X_{mop} \cdot X_2 + b_{46} \cdot X_{mop} \cdot Z_{var} + b_{56} \cdot X_2 \cdot Z_{var}
 \end{aligned}$$

Следует отметить, что полученная макро модель актуальна только для структуры, выполненной по схеме СГ-НН-ВП-ДПТ. Для других сочетаний элементов АЭС требуются дополнительные расчёты.

Список использованных источников

1. Шабанов, Г. И. Оценка качества электрической энергии на основе полной математической модели электроэнергетической системы / Г. И. Шабанов. – Деп. в Информэнерго, 1986. № 2135 – эн.
2. Шабанов, Г. И. Программа анализа на ЭВМ качества электрической энергии энергосистем с вентильными преобразователями / Г. И. Шабанов/ Проектирование, расчёт

и контроль полупроводниковых приборов и преобразовательных устройств : межвед сб. науч. тр. – Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2007. – С. 66–70.

3. Шабанов, Г. И. Математические преобразования для исследования сложных физико-технических процессов / Г. И. Шабанов, В. Г. Шабанова // Учебный эксперимент в образовании. – № 2. – 2012. – С. 80–83.

4. Math H.J. BoUen. Understanding power quality problems. The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc., New York, 1999, 397 p.

5. Зубарев, Ю. Я. Планирование эксперимента в научных исследованиях / Ю. Я. Зубарев. – СПбГУВК, 2004. – 154 с.

6. Зубарев, Ю. Я. Планирование вычислительного эксперимента в электроэнергетике / Ю. Я. Зубарев. – СПб. : Энергоатомиздат, 2000. – 328 с.

References

1. Shabanov G. I. Assessment of quality of electric energy on the basis of full matematic model elektroenergetichna system, Dept. in Informenergo, 1986. # 2135 - EN.

2. Shabanov G. I. Analysis software on the computers in the quality of electrical power grids with valve converters. Design, calculation and control of semiconductor devices and Converter devices, Saransk, 2007, p. 66–70.

3. Shabanov G. I. Mathematical transformations for the study of complex physico-technical processes. Uchebnyi experiment w obrazovanii, No 2, 2012, pp. 80–83.

4. Math H.J. BoUen. Understanding power quality problems. The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc., New York, 1999, 397 p.

5. Zubarev Yu. Ya. Planning of experiment in scientific research. St. Petersburg, 2004, 154 p.

6. Zubarev Yu. Ya. Planning of the computing experiment in power industry. St. Petersburg, 2000, 328 p.

УДК 681.3

МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПОСТРОЕНИЯ УПРАВЛЯЕМЫХ ВЫПРЯМИТЕЛЕЙ С ВОЛЬТОДОБАВКОЙ

В. К. Битюков, Д. С. Симачков

Московский государственный технический университет радиотехники, электроники и автоматики (МГТУ МИРЭА), г. Москва, Российская Федерация

Аннотация. Выполнен анализ методических и схемотехнических особенностей построения однофазных управляемых выпрямителей с вольтодобавкой. Предложена модификация традиционного выпрямителя с вольтодобавкой и получено аналитическое выражение его регулировочной характеристики.

Ключевые слова: вольтодобавка, выпрямитель, схемотехника, регулировочная хапактеристика.

METHODICAL ASPECTS OF MAKING CONTROLLED RECTIFIERS WITH VOLTAGE BOOST

V. K. Bityukov, D. S. Simachkov

Abstract. The analysis is made of the methodical aspect and circuit layout aspect of construction of single-phase controlled rectifiers with voltage boost. Modification of a common rectifier with voltage boost is suggested and analytical expression is obtained for its function characteristic.

Keywords: voltage boost, rectifier, circuit layout, function characteristic

Управляемые выпрямители с вольтодобавкой (УВ с ВД) нашли широкое применение, как в образовании, так и в технике [1–6]. С одной стороны, учебный лабораторный практикум при подготовке бакалавров, магистров и специалистов по дисциплинам, связанным с силовой электроникой, часто выполняется либо на индивидуально разработанных макетах источников вторичного электропитания, либо на макетах разработанных и выпускаемых малой серией в Санкт-Петербургском государственном электротехническом университете, один из которых реализует УВ с ВД [6].

С другой стороны, в практически значимых устройствах, УВ с ВД позволяют регулировать средне выпрямленное напряжение в соответствующих системах и комплексах.

Более того, применение УВ с ВД, т. е. управляемых выпрямителей со ступенчатым регулированием выходного напряжения, позволяет уменьшить пульсации выходного напряжения и повысить энергетические показатели всего устройства [1–5].

С точки зрения схемотехники УВ с ВД представляют собой сравнительно несложное устройство, но оно далеко нетривиально с физической точки зрения.

На рис. 1 показана традиционная схема выпрямителя с вольтодобавкой, имеющая наибольшее распространение.

Вторичная обмотка сетевого трансформатора $T1$ разделена на четыре секции: две основные с равным числом витков $w_{21} = w_{22}$, которые через диоды $VD1$ и $VD2$ формируют нерегулируемую составляющую выпрямленного напряжения, и две вольтодобавочные с равным числом витков $w_{21}^I = w_{22}^I$, которые через тринисторы $VS1$ и $VS2$ формируют регулируемую составляющую выпрямленного напряжения. При подаче на первичную обмотку трансформатора гармонического напряжения u_c на всех секциях вторичной обмотки наводятся ЭДС, формирующие соответствующие напряжения u_{21} , u_{22} и u_{21}^I , u_{22}^I .

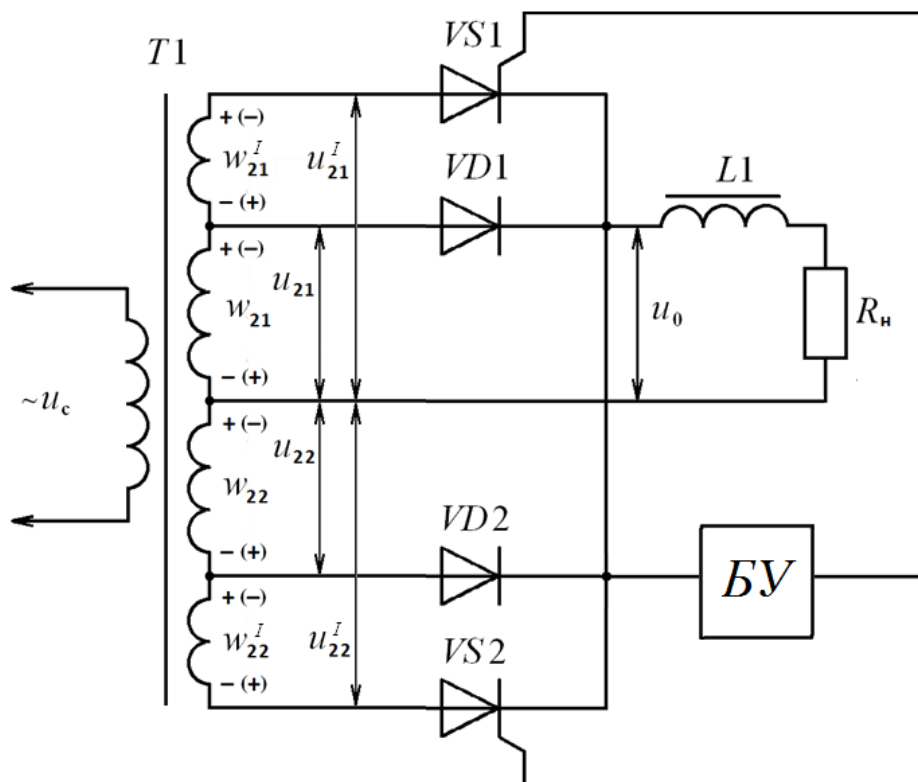


Рис. 1. Управляемый выпрямитель с вольтодобавкой, построенный по схеме со средней точкой

Для упрощения анализа физических процессов, протекающих в УВ с ВД, целесообразно принять ограничения: $L_n \rightarrow \infty$ (это условие определяет неизменность токов, протекающих в силовых цепях, питаемых вторичной обмоткой трансформатора), идеальность вентилях (они обладают односторонней проводимостью и прямое падение напряжения на них равно нулю) и отсутствие коммутационных процессов.

При выключенных тринисторах $VS1$ и $VS2$ рассматриваемая схема работает как обычный выпрямитель (поочередно работает одна из основных секций вторичной обмотки). В начале первого полупериода питающего напряжения u_c полярность напряжения на секциях вторичной обмотки, включенных согласно, указана без скобок. При этом диод $VD1$ открыт и мгновенное выпрямленное напряжение u_0 на нагрузке R_n и L_n совпадает с мгновенным напряжением $u_{21} = U_{2max} \cdot \sin \nu$ (здесь U_{2max} – амплитуда напряжения на основной секции, $\nu = \omega \cdot t$, ω – круговая частота, t – время) на основной секции. В момент естественной коммутации $\nu = \pi$ диод $VD1$ закрывается, а диод $VD2$ открывается. В начале второго полупериода сетевого напряжения u_c на всех секциях вторичной обмотки трансформатора $T1$ наводится ЭДС (полярность указана на рис. 1 в скобках). Падение напряжения $u_{22} = U_{2max} \cdot \sin \nu$ на основной секции с числом витков w_{22} через открытый диод $VD2$ приложено к нагрузке и определяет мгновенное выпрямленное напряжение u_0 (рис. 2).

В режиме работы УВ с ВД (рис. 1) блок управления (БУ) формирует управляющее напряжение для тринисторов $VS1$ и $VS2$. БУ включает один из

триисторов с задержкой α (α – угол управления (регулирования)) по сравнению с моментом естественной коммутации (рис. 2, б).

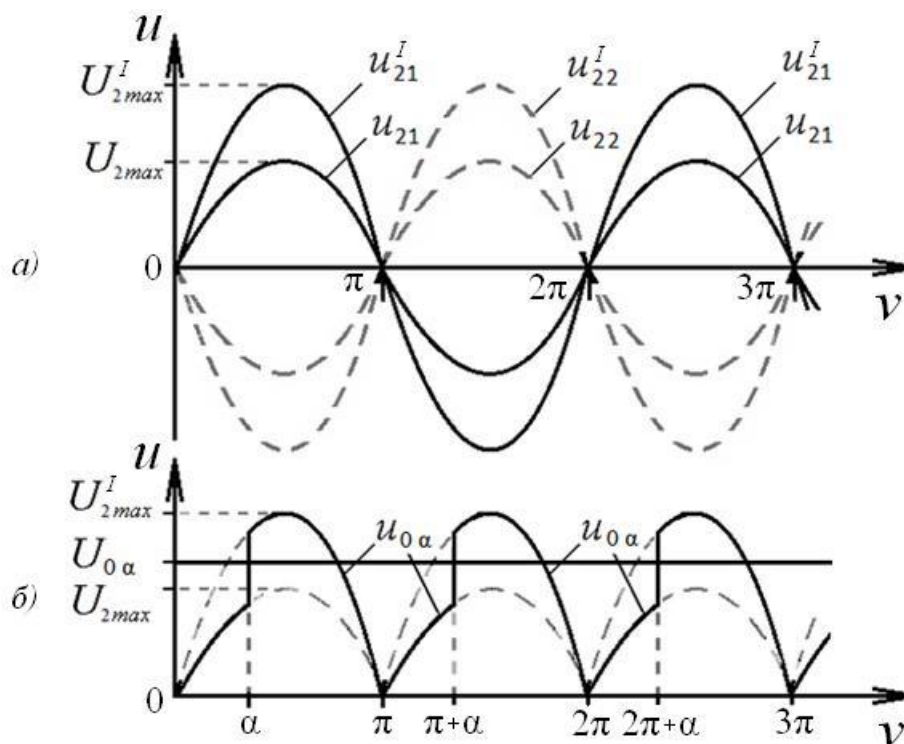


Рис. 2. Характерные диаграммы напряжений УВ с ВД

Ток управления для каждого триистора протекает от БУ по цепи: управляющий электрод – катод (рис. 1). На этом рисунке показано, что управляющее напряжение с БУ одновременно подается на оба триистора. Но откроется лишь тот триистор, у которого потенциал анода выше.

Следует обратить внимание и на тот факт, что одна и та же точка вторичной обмотки трансформатора, например, ее середина, одновременно отмечена положительным и отрицательным потенциалом. Это обусловлено тем, что указана полярность падения напряжения на соответствующих секциях.

Пусть в момент $\nu = \alpha$ управляющее напряжение с БУ включает триистор $VS1$ и напряжение u_{21}^I на вольтодобавочной секции с числом витков w_{21}^I выключает диод $VD1$, т.к. оно является обратным напряжением для диода $VD1$. При этом мгновенное выпрямленное напряжение u_0 скачком возрастает до напряжения $u_{21}^I = U_{2max}^I \cdot \sin \alpha$ (здесь U_{2max}^I – амплитуда суммарного напряжения на основной и вольтодобавочной секциях с числом витков w_{21} и w_{21}^I , соответственно, (рис. 2, б)) и совпадает с ним от $\nu = \alpha$ до $\vartheta = \pi$. В момент естественной коммутации ($\vartheta = \pi$) триистор $VS1$ закрывается, а диод $VD2$ открывается.

В начале второго полупериода сетевого напряжения u_c на всех секциях вторичной обмотки трансформатора $T1$ наводится ЭДС (полярность указана на рис. 1 в скобках). При этом управляющее напряжение триисторов $VS1$ и

$VS2$, приложенное между управляющим электродом и катодом, равно нулю. Следовательно, триисторы выключены, а падение напряжения $u_{22} = U_{2max} \cdot \sin \nu$ на основной секции с числом витков w_{22} через открытый диод $VD2$ приложено к нагрузке и определяет мгновенное выпрямленное напряжение u_0 (рис. 2). При этом к диоду $VD1$ приложено обратное напряжение u_{21} и он выключен. В момент $\vartheta = \pi + \alpha$ управляющее напряжение с БУ включает триистор $VS2$ и напряжение на секции с числом витков w_{22}^I закрывает диод $VD2$, а мгновенное выпрямленное напряжение u_0 скачком возрастает до напряжения $u_{22}^I = U_{2max}^I \cdot \sin \alpha$, равного сумме напряжений на основной и вольтодобавочной секциях с числом витков w_{22} и w_{22}^I , соответственно (рис. 2).

Затем процессы повторяются.

Выражение для регулировочной характеристики УВ с ВД, представляющей зависимость средне выпрямленного напряжения $U_{0\alpha}$ от угла управления α , то есть $U_{0\alpha} = f(\alpha)$, может быть записано следующим образом:

$$U_{0\alpha} = \frac{1}{\pi} \cdot \left(\int_0^{\alpha} u_{21} dv + \int_{\alpha}^{\pi} u_{21}^I dv \right).$$

Принимая во внимание, что $u_{21} = U_{2max} \cdot \sin \nu$ и $u_{21}^I = \frac{w_{21} + w_{21}^I}{w_{21}} \cdot u_{21} = m \cdot w_{21}$, где m – параметр вольтодобавки (при записи этого соотношения учтена неизменность параметра «вольт на виток» [7]), последнее выражение можно записать в следующем виде:

$$U_{0\alpha} = \frac{1}{\pi} \cdot \left(\int_0^{\alpha} U_{2max} \cdot \sin \nu dv + \int_{\alpha}^{\pi} m \cdot U_{2max} \cdot \sin \nu dv \right).$$

Полезно отметить, что параметр вольтодобавки характеризует величину превышения суммарного числа витков основной и вольтодобавочной секций вторичной обмотки сетевого трансформатора над числом витков основной секции и фактически определяет диапазон регулирования средне выпрямленного напряжения $U_{0\alpha}$.

Тогда уравнение регулировочной характеристики управляемого выпрямителя с вольтодобавкой примет вид:

$$U_{0\alpha} = \frac{U_{2max}}{\pi} \cdot (m + 1 + (m - 1) \cdot \cos \alpha).$$

Аналогичный вид регулировочной характеристики представлен и в [1; 6]. В [6] изложена методика изучения УВ с ВД.

В физическом эксперименте для сравнительного анализа различных устройств обычно используется безразмерный вид соответствующих характеристик. Поэтому целесообразно и в рассматриваемом случае представить регулировочную характеристику в безразмерном виде.

В качестве нормирующей величины для управляемых выпрямителей, как правило, используют средне выпрямленное напряжение U_0 для неуправляемого выпрямителя.

Учитывая, что $U_0 = 2 \cdot \frac{U_{2max}}{\pi}$, то полученную регулировочную характеристику УВ с ВД можно записать в безразмерном виде:

$$\frac{U_{0\alpha}}{U_0} = \frac{1}{2} \cdot (m + 1 + (m - 1) \cdot \cos\alpha). \quad (1)$$

На рис. 3 показана регулировочная характеристика в безразмерном виде управляемого выпрямителя с вольтодобавкой для различных параметров вольтодобавки, который

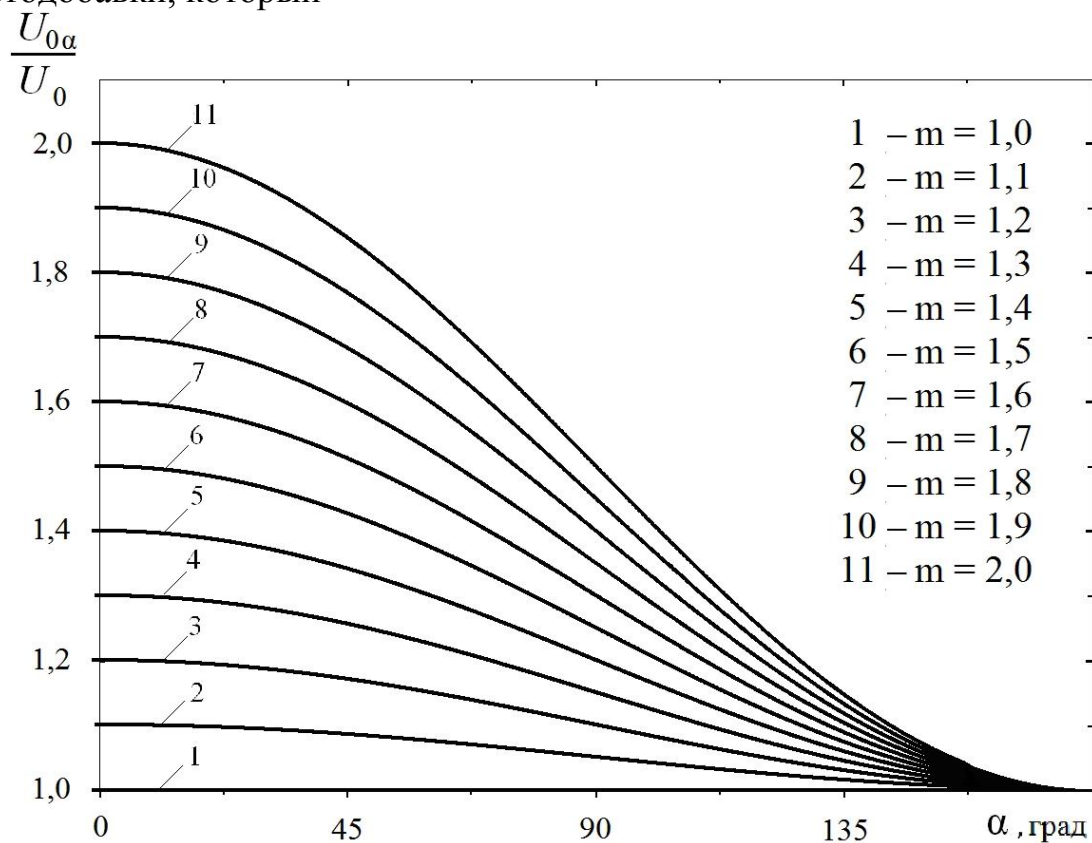


Рис. 3. Регулировочная характеристика управляемого выпрямителя с вольтодобавкой для различных параметров вольтодобавки в безразмерном виде

Полезно подчеркнуть два асимптотических режима работы рассматриваемого УВ с ВД.

Первый режим реализуется при угле управления $\alpha = 180^0$. Фактически это режим неуправляемого выпрямителя. В этом случае работают только ди-

оды $VD1$ и $VD2$ (рис. 1) и напряжение $U_{0\alpha}$ минимально и определяется соотношением:

$$U_{0\alpha} = \frac{2 \cdot U_{2max}}{\pi} = U_0.$$

Второй режим реализуется при угле управления $\alpha = 0$. В этом случае работают только триисторы $VS1$ и $VS2$ и напряжение $U_{0\alpha}$ максимально и определяется соотношением:

$$U_{0\alpha} = m \cdot \frac{2 \cdot U_{2max}}{\pi} = m \cdot U_0. \quad (1)$$

На рис. 4–6 показаны три схемы УВ с ВД, которые нашли практическое применение.

Физика и схемотехника устройств, изготовленных по этим схемам, подобны рассмотренному ранее.

Мостовая схема управляемого выпрямителя с вольтодобавкой показана на рис. 4.

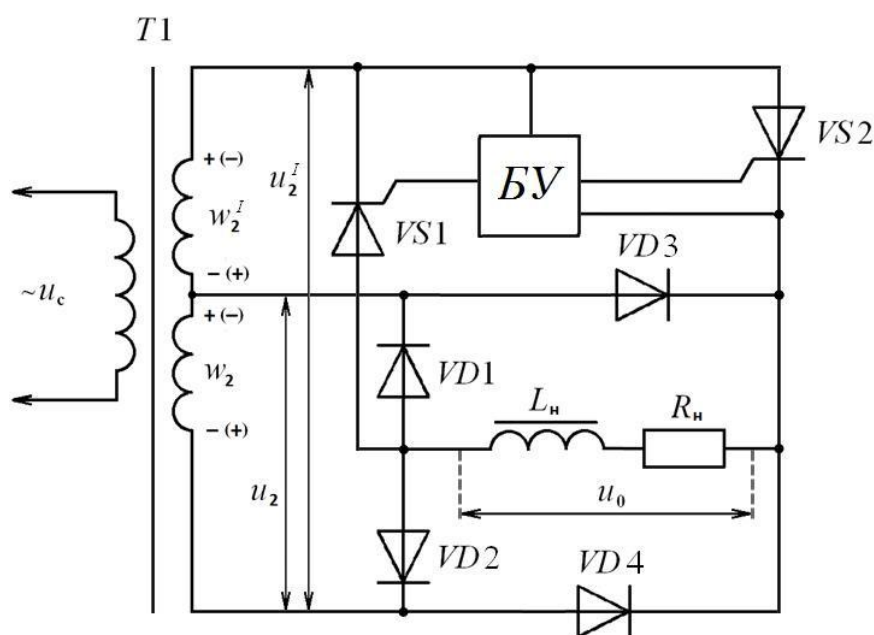


Рис. 4. Мостовая схема выпрямителя с вольтодобавкой

Вторичная обмотка сетевого трансформатора $T1$ состоит из двух секций, включенных согласно: основной секции с числом витков w_2 и вольтодобавочной секции с числом витков w_2^I .

В начале первого полупериода питающего напряжения полярность напряжения на обмотке указана без скобок. При выключенных триисторах $VS1$ и $VS2$ работает основная секция. Мгновенный выпрямленный ток i_0 протекает по цепи: "+" секции w_2 – диод $VD3$ – нагрузка R_n и L_n – диод $VD2$ – "-"

секции w_2 . При этом мгновенное выпрямленное напряжение u_0 на нагрузке R_n и L_n совпадает с мгновенным напряжением u_2 на основной обмотке.

При $\vartheta = \alpha$ БУ открывает тринистор $VS2$ (тринистор $VS1$ остается закрытым). Напряжение на вольтодобавочной секции, имеющее полярность указанную без скобок, через только что открытый тринистор $VS2$ оказывается приложенным к диоду $VD3$ и выключает его, т.к. между анодом и катодом диода $VD3$ приложено отрицательное напряжение. Мгновенный выпрямленный ток i_0 протекает по цепи: "+" вольтодобавочной секции w_2^I – тринистор $VS2$ – нагрузка R_n и L_n – диод $VD2$ – "-" основной секции w_2 . При этом мгновенное выпрямление напряжения u_0 на нагрузке R_n и L_n совпадает с мгновенным напряжением u_2^I , формируемом на основной и вольтодобавочной секциях.

При $\vartheta = \pi$, т. е. в момент естественной коммутации тринистор $VS2$ выключается, полярность напряжения на вторичных обмотках трансформатора изменяется (на рис. 4 указана в скобках) и в интервале от π до $\pi + \alpha$ открыты диоды $VD4$ и $VD1$, что обеспечивает формирование на нагрузке мгновенного выпрямленного напряжения u_0 равного мгновенному напряжению u_2 на основной секции w_2 .

При $\vartheta = \pi + \alpha$ БУ включает тринистор $VS1$, что приводит к выключению диода $VD1$ и формированию на нагрузке мгновенного выпрямленного напряжения u_0 равного мгновенному напряжению u_2^I на основной и вольтодобавочной секциях.

Схема, представленная на рис. 5, является разновидностью рассмотренной схемы построения управляемого выпрямителя с вольтодобавкой, то есть управляемого выпрямителя с дискретным регулированием выходного напряжения).

Вторичная обмотка сетевого трансформатора $T1$ состоит из четырех секций с числом витков $w_{21}=w_{22}$ (основные секции) и $w_{21}^I = w_{22}^I$ (вольтодобавочные секции). Катоды диода $VD1$ и тринисторов $VS1$ и $VS2$ образуют узел, а аноды тринисторов $VS1$ и $VS2$ разделены соответствующими основными секциями вторичной обмотки с числом витков $w_{21}=w_{22}$.

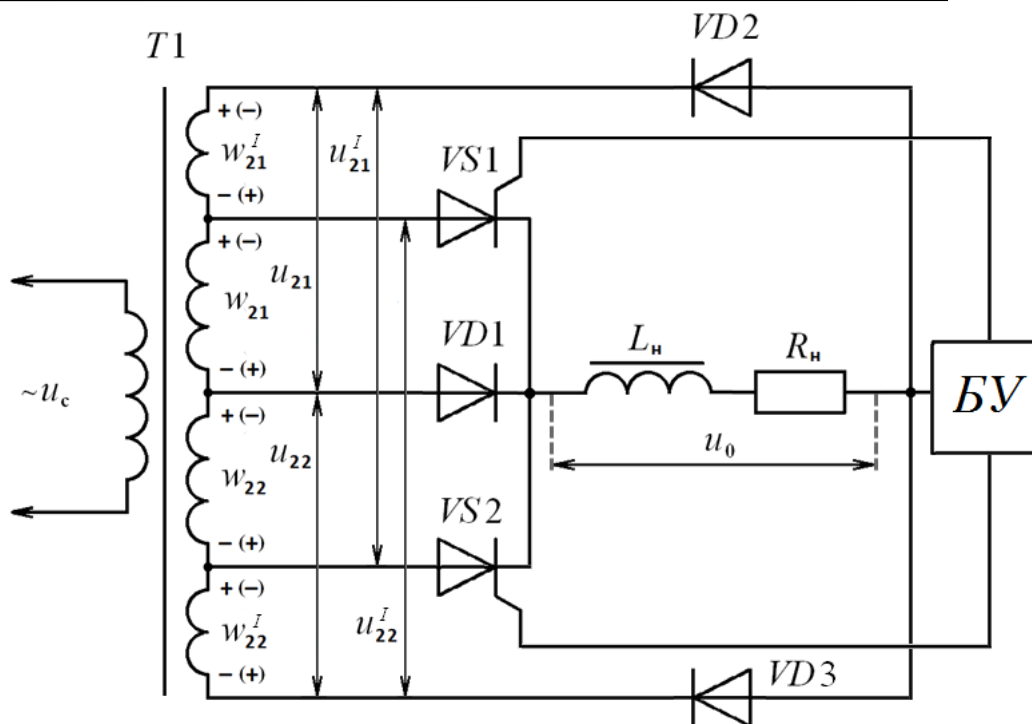


Рис. 5. Разновидность управляемого выпрямителя с вольтодобавкой

Особенность рассматриваемого управляемого выпрямителя состоит в том, что две секции вторичной обмотки сетевого трансформатора $T1$ последовательно выполняют функцию как основной, так и вольтодобавочной секций.

При полярности напряжения на секциях вторичной обмотки трансформатора $T1$, указанной на рис. 5 без скобок, и выключенных тринисторах $VS1$ и $VS2$, мгновенное выпрямленное напряжение u_0 на нагрузке R_n и L_n совпадает с мгновенным линейным напряжением u_{22} , то есть $u_0 = u_{22}$.

При $\vartheta = \alpha$ БУ включает тринистор $VS1$. Напряжение секции w_{21} вторичной обмотки сетевого трансформатора $T1$ через только что открытый тринистор $VS1$ прикладывается к диоду $VD1$. Учитывая, что оно является обратным напряжением для диода $VD1$, то диод $VD1$ закрывается. Следовательно, мгновенное напряжение u_{22}^I обеспечивает протекание тока через нагрузку и диод $VD3$ и формирует мгновенное выпрямление напряжения u_0 на нагрузке R_n и L_n , то есть $u_0 = u_{22}^I$.

В момент естественной коммутации $\vartheta = \pi$ полярность напряжения на секциях вторичной обмотки сетевого трансформатора $T1$ изменяется, тринистор $VS1$ выключается, а диоды $VD1$ и $VD2$ включаются.

Следовательно, при $\vartheta > \pi$ мгновенное напряжение u_{21} обеспечивает протекание тока через нагрузку и диод $VD2$, и формирует мгновенное выпрямленное напряжение u_0 на нагрузке R_n и L_n , то есть $u_0 = u_{21}$.

При $\vartheta = \pi + \alpha$ БУ включает тринистор $VS2$. Напряжение на секции с числом витков w_{22} сказывается приложенным к диоду $VD1$ и выключает его. Следовательно, напряжение на u_{21}^I обеспечивает протекание тока через

нагрузку R_H и L_H и диод $VD2$ и формирует мгновенное выпрямленное напряжение u_0 на нагрузке R_H и L_H , то есть $u_0 = u_{21}^I$.

В момент естественной коммутации $\vartheta = 2\pi$ полярность напряжения на секциях вторичной обмотки сетевого трансформатора $T1$ изменяется (на рис. 5 показана без скобок), триностр $VS2$ выключается, а диоды $VD1$ и $VD2$ включаются и процессы коммутации повторяются.

Схема управляемого выпрямителя с вольтодобавкой, построенного на базе мостовой схемы выпрямления, показана на рис. 6.

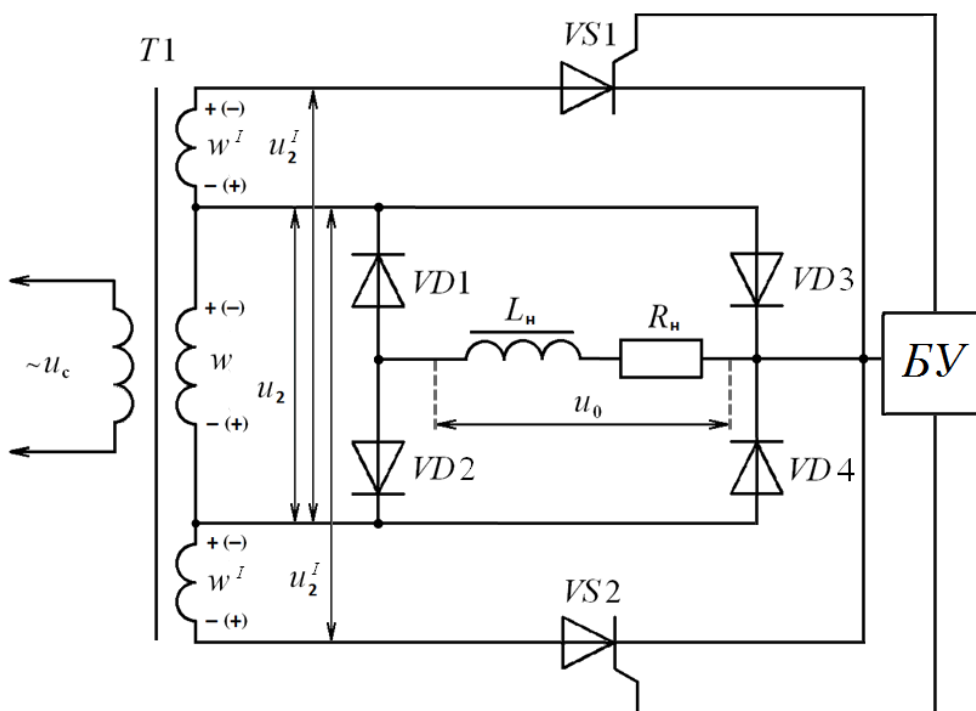


Рис. 6. Схема управляемого выпрямителя с вольтодобавкой, построенного на базе мостовой схемы выпрямления

Вторичная обмотка сетевого трансформатора $T1$ в отличие от схемы, приведенной на рис. 5, состоит из основной секции с числом витков W и двух вольтодобавочных секций с равным числом витков W^I .

При выключенных триностроах $VS1$ и $VS2$ устройство, построенное по рассматриваемой схеме, представляет собой типичный неуправляемый мостовой выпрямитель.

При включенном одном из двух триностроа устройство уже представляет управляемый выпрямитель с вольтодобавкой. Принцип действия выпрямителя состоит в следующем.

В первом полупериоде гармонического питающего напряжения u_c , поданного на первичную обмотку сетевого трансформатора $T1$, напряжение на основной и вольтодобавочных секциях вторичной обмотки трансформатора $T1$ имеет полярность, указанную на рис. 6 без скобок.

Через основную секцию вторичной обмотки сетевого трансформатора протекает переменный ток, а через вольтодобавочные секции – пульсирующий.

При закрытых тринисторах $VS1$ и $VS2$, то есть при $0 < \vartheta < \alpha$ работает одна пара диагонального расположенных диодов $VD3$ и $VD2$ (при полярности напряжения на вторичной обмотке указанной без скобок) или $VD4$ и $VD1$ (при полярности напряжения на вторичной обмотке указанной в скобках). В интервале ϑ от 0 до α u_0 совпадает с u_2 .

При $\vartheta = \alpha$ БУ включает, например, только $VS1$. Тогда напряжение верхней вольтодобавочной секции, являясь обратным для диода $VD3$, выключает его.

Мгновенное выпрямленное напряжение u_0 на нагрузке с момента $\vartheta = \alpha$ до момента $\vartheta = \pi$ равно сумме напряжений на основной и верхней вольтодобавочной секциях, то есть $u_0 = u_2^I = m \cdot U_{2\max} \cdot \sin\vartheta$.

В момент естественной коммутации $\vartheta = \pi$ тринистор $VS1$ выключается и к нагрузке через диоды $VD4$ и $VD1$ приложено напряжение основной секции вторичной обмотки сетевого трансформатора $T1$ (полярность напряжения на рис. 6 указана в скобках).

Начиная с $\vartheta = \pi$ и до $\vartheta = \pi + \alpha$ мгновенные выпрямленное напряжение равно мгновенному напряжению на основной секции, то есть $u_0 = u_2 = U_{2\max} \cdot \sin\vartheta$.

В момент $\vartheta = \pi + \alpha$ БУ включает тринистор $VS2$ и напряжение на нижней вольтодобавочной обмотке, являясь обратным напряжением для диода $VD4$, выключает его. С этого момента времени мгновенное выпрямленное напряжение u_0 на нагрузке равно сумме напряжений основной и нижней вольтодобавочных секциях, то есть $u_0 = u_2^I = m \cdot U_{2\max} \cdot \sin\vartheta$.

В учебном эксперименте при исследовании, например, передаточной характеристики источников вторичного электропитания, необходимо дискретно изменять входное напряжение. Число таких дискретов, а значит и число экспериментальных точек, по которым затем строится передаточная характеристика, обычно не превышает пятнадцати.

Наличие сетевого трансформатора в регуляторе входного напряжения, построенном по схеме УВ с ВД, обеспечивает гальваническую развязку соответствующих силовых цепей. Поэтому определенный интерес для науки, техники и образования представляет управляемый выпрямитель с вольтодобавкой, схема которого для трех дискретов приведена на рис. 7.

Вторичная обмотка сетевого трансформатора $T1$ состоит из восьми секций (для выбранного дискрета, равного трем): двух основных секций w_{21} и w_{22} , имеющих равное число витков, и шести вольтодобавочных секций, каждая из которых имеет w витков.

Со схемотехнической точки зрения принцип работы УВ с ВД, построенного по этой схеме, аналогичен рассмотренным ранее.

Существенное их различие состоит в возможности аналитического анализа регулировочной характеристики. Это обусловлено многопараметричностью ее описания.

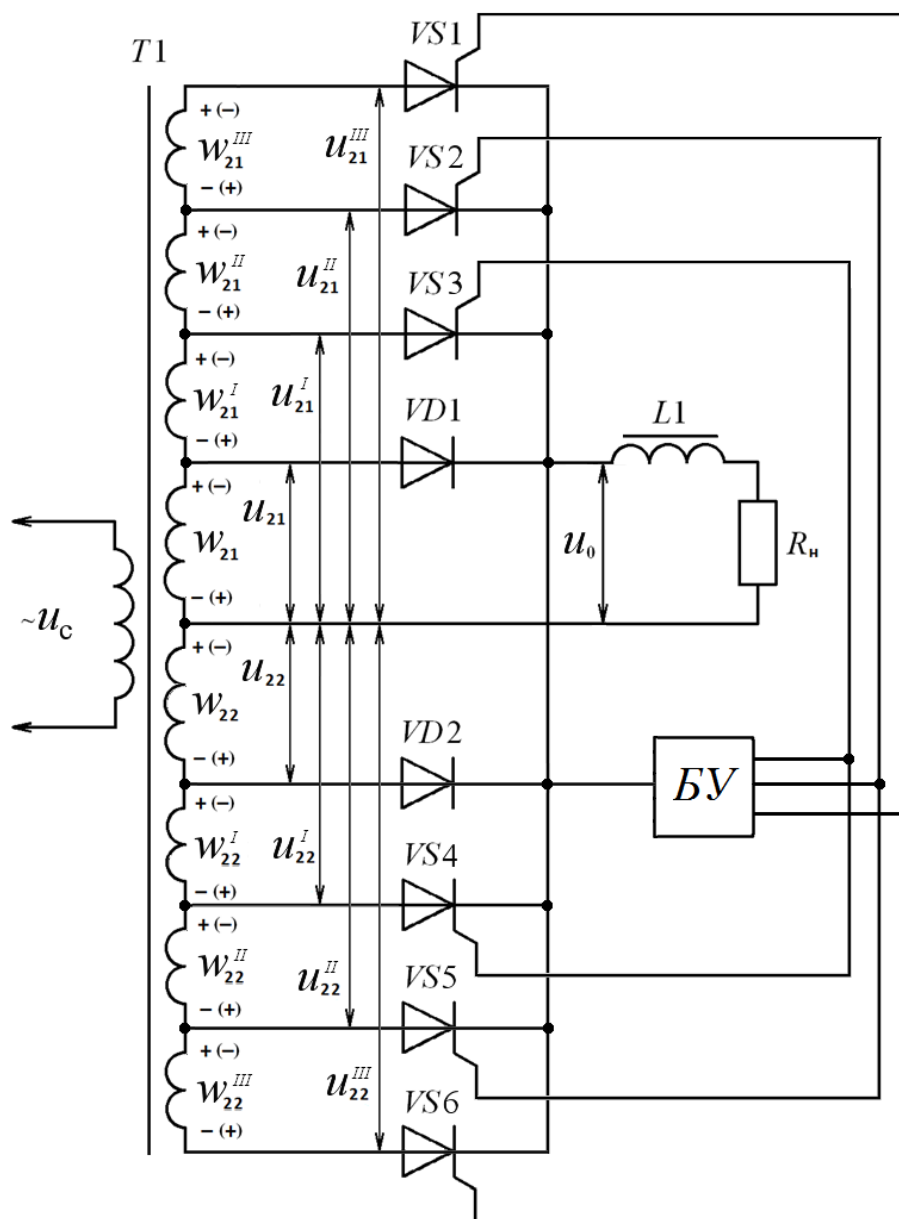


Рис. 7. Модифицированная схема управляемого выпрямителя с вольтодобавкой, построенного по схеме со средней точкой, и имеющего три дискрета

Например, регулировочная характеристика (в безразмерном виде) $\frac{U_0 \alpha}{U_0} = f(\alpha)$ для традиционного УВ с ВД зависит от двух параметров: угла управления α и параметра вольтодобавки m .

Информация, приведенная на рис. 3, является наглядной иллюстрацией этого. В тоже время, регулировочная характеристика для модифицированного УВ с ВД (рис. 7) зависит от шести параметров: углов управления α_1, α_2 и α_3 и параметров вольтодобавки m_I, m_{II} и m_{III} .

Здесь α_1 – угол управления для триисторов VS3 и VS4, α_2 – угол управления для триисторов VS2 и VS5 и α_3 – угол управления для триисторов VS1 и VS6.

Для первых вольтодобавочных секций с числом витков $w_{21}^I = w_{22}^I$, которые вместе с основными секциями с числом витков w формируют мгновенные напряжения u_{21}^I и u_{22}^I , параметр вольтодобавки равен $m_I = \frac{w+w^I}{w}$. Для упрощения записи выражений для параметров вольтодобавки m_I , m_{II} и m_{III} нижние индексы у w опущены.

Для вторых вольтодобавочных секций, формирующих мгновенные напряжения u_{21}^{II} и u_{22}^{II} , параметр вольтодобавки равен $m_{II} = \frac{w+w^I+w^{II}}{w}$.

Аналогично для третьих вольтодобавочных обмоток, формирующих мгновенные напряжения u_{21}^{III} и u_{22}^{III} , параметр вольтодобавки равен $m_{III} = \frac{w+w^I+w^{II}+w^{III}}{w}$.

Форма мгновенного выпрямленного напряжения u_0 для схемы управляемого выпрямителя с вольтодобавкой и тремя дискретами приведена на рис. 8 и рис. 9.

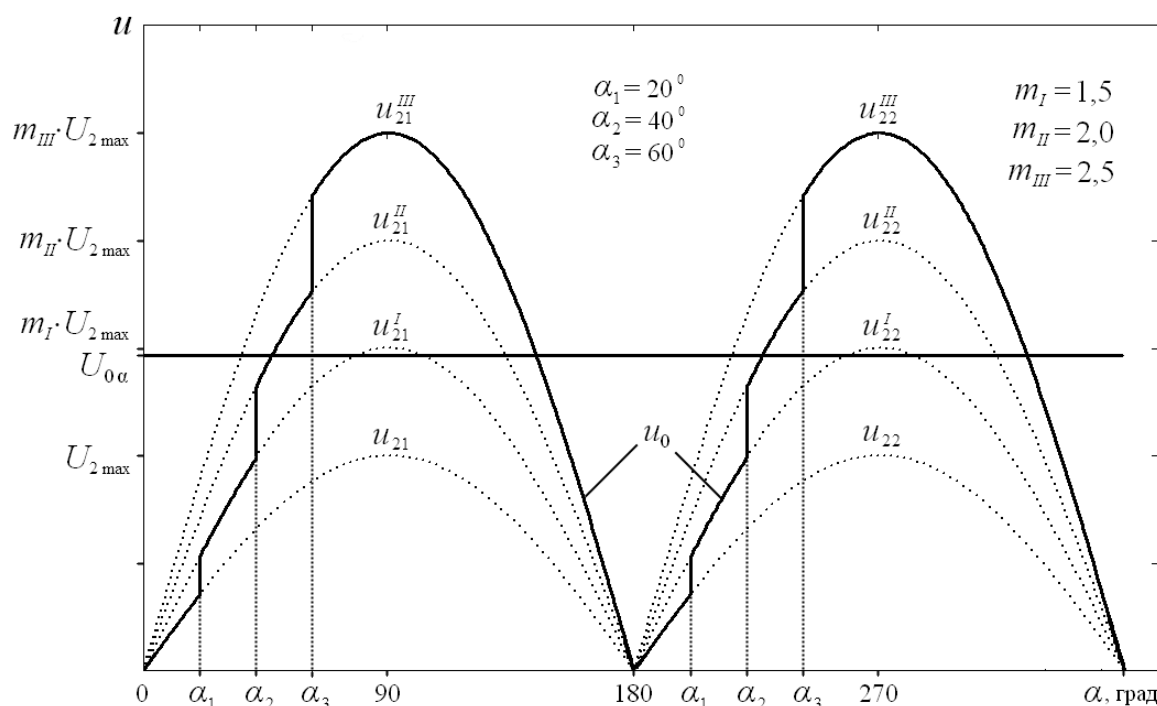


Рис. 8. Форма мгновенного напряжения на нагрузке u_0 и средне выпрямленного напряжения $U_{0\alpha}$ при углах управления 20° (для триисторов VS3 и VS4), 40° (для триисторов VS2 и VS5) и 60° (для триисторов VS1 и VS6) и параметрах вольтодобавки $m_I=1,5$; $m_{II}=2,0$ и $m_{III}=2,5$

Аналитические выражения для мгновенных напряжений рассматриваемого УВ с ВД могут быть записаны следующим образом:

$$u_{21} = U_{21 \max} \cdot \sin v; \quad u_{22} = U_{22 \max} \cdot \sin(v + \pi);$$

$$U_{21 \max} = U_{22 \max} = U_2 \max \cdot$$

$$u_{21}^I = U_{21 \max}^I \cdot \sin v; u_{22}^I = U_{22 \max}^I \cdot \sin(v + \pi); U_{21 \max}^I = U_{22 \max}^I \cdot$$

$$U_{21 \max}^I = m_I \cdot U_2 \max \cdot$$

$$u_{21}^{II} = U_{21 \max}^{II} \cdot \sin v; u_{22}^{II} = U_{22 \max}^{II} \cdot \sin(v + \pi); U_{21 \max}^{II} = U_{22 \max}^{II} \cdot$$

$$U_{21 \max}^{II} = m_{II} \cdot U_2 \max \cdot$$

$$u_{21}^{III} = U_{21 \max}^{III} \cdot \sin v; u_{22}^{III} = U_{22 \max}^{III} \cdot \sin(v + \pi); U_{21 \max}^{III} = U_{22 \max}^{III} \cdot$$

$$U_{21 \max}^{III} = m_{III} \cdot U_2 \max \cdot$$

Для получения аналитического выражения регулировочной характеристики $U_{0\alpha} = f(\alpha)$ рассматриваемого УВ с ВД можно записать:

$$U_{0\alpha} = \frac{1}{\pi} \left(\int_0^{\alpha_1} u_{21} dv + \int_{\alpha_1}^{\alpha_2} u_{21}^I dv + \int_{\alpha_2}^{\alpha_3} u_{21}^{II} dv + \int_{\alpha_3}^{\pi} u_{21}^{III} dv \right).$$

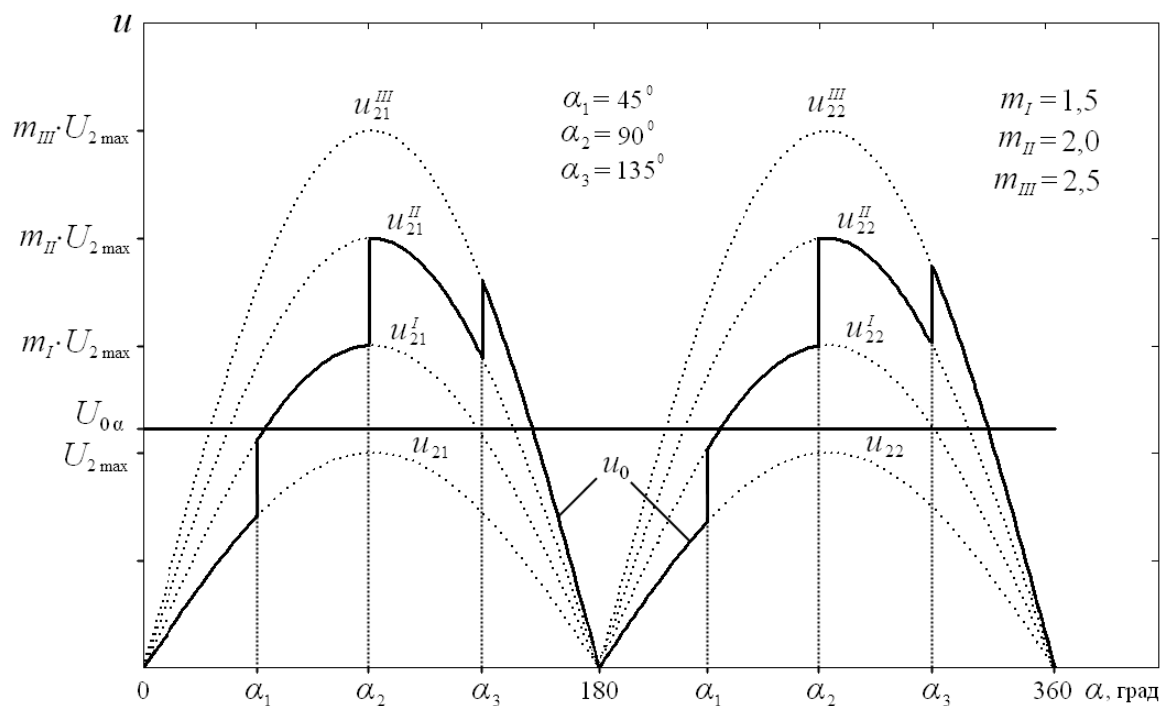


Рис. 9. Форма мгновенного выпрямленного напряжения на нагрузке u_0 и средне выпрямленного напряжения $U_{0\alpha}$ при углах управления 45° (для триггисторов VS3 и VS4), 90° (для триггисторов VS2 и VS5) и 135° (для триггисторов VS1 и VS6) и параметрах вольтодобавки $m_I=1,5$; $m_{II}=2,0$ и $m_{III}=2,5$

С учетом выше записанных соотношений для мгновенных напряжений последнее выражение можно записать

$$U_{0\alpha} = \frac{1}{\pi} \left(\int_0^{\alpha_1} U_{21max} \cdot \sin v \, dv + \int_{\alpha_1}^{\alpha_2} m_I \cdot U_{21max} \cdot \sin v \, dv + \right. \\ \left. + \int_{\alpha_2}^{\alpha_3} m_{II} \cdot U_{21max} \cdot \sin v \, dv + \int_{\alpha_3}^{\pi} m_{III} \cdot U_{21max} \cdot \sin v \, dv \right).$$

После соответствующих преобразований выражение для регулировочной характеристики примет вид:

$$U_{0\alpha} = \frac{U_{21max}}{\pi} \cdot (m_{III} + 1 + (m_I - 1) \cdot \cos \alpha_1 + (m_{II} - m_I) \cdot \cos \alpha_2 + (m_{III} - m_{II}) \cdot \cos \alpha_3).$$

Обозначив средне выпрямленное напряжение U_0 рассматриваемого выпрямителя при всех выключенных шести тринисторах $U_0 = \frac{2 \cdot U_{21max}}{\pi}$, тогда результирующее выражение для регулировочной характеристики рассматриваемого выпрямителя в безразмерном виде примет вид:

$$\frac{U_{0\alpha}}{U_0} = \frac{1}{2} \cdot (m_{III} + 1 + (m_I - 1) \cdot \cos \alpha_1 + (m_{II} - m_I) \cdot \cos \alpha_2 + (m_{III} - m_{II}) \cdot \cos \alpha_3). \quad (2)$$

Ранее отмечалось, что представить полученную регулировочную характеристику в традиционном виде (рис. 3) невозможно. Для такого типа УВ с ВД целесообразно проводить либо конкретные (фрагментарные) расчеты, либо расчеты предельных режимов работы (таблица 1).

Полученное выражение (2) для регулировочной характеристики позволяет рассчитать коэффициент, на который нужно умножить U_{2max} , чтобы получить значение среднего выпрямленного напряжения $U_{0\alpha}$.

Таблица 1

№	α_1 градусов	α_2 граду- сов	α_3 граду- сов	m_I	m_{II}	m_{III}	$\frac{U_{0\alpha}}{U_0}$
1	180	180	180	-	-	-	1
2	0	180	180	1,5	-	-	1,5
3	0	0	180	-	2,0	-	2,0
4	0	0	0	-	-	2,5	2,5
5	20	40	60	1,5	2,0	2,5	2,3
6	45	90	135	1,5	2,0	2,5	1,8

На рис. 8 и рис. 9 горизонтальной линией показано средне выпрямленное напряжение $U_{0\alpha}$. Их числовые значения (при параметрах вольтодобавки $m_I = 1,5$, $m_{II} = 2,0$, $m_{III} = 2,5$) равны $U_{0\alpha} = 1,47 \cdot U_{2max}$ и $U_{0\alpha} = 1,11 \cdot U_{2max}$ соответственно.

Список использованных источников

1. Варламов, Р. Г. Справочник по радиоэлектронным устройствам / Р. Г. Варламов, С. Д. Додик и др. – М. : Энергия, 1978. – 328 с.
2. Руденко, В. С. Основы преобразовательной техники / В. С. Руденко, В. И. Сенько, И. М. Чиженко. – М. : Высш. шк., 1980. – 424 с.
3. Артамонов, Б. И. Источники электропитания радиоустройств / Б. И. Артамонов, А. А. Бокуняев. – М. : Энергоиздат, 1982. – 296 с.
4. Иванов-Цыганов, А. И. Электропреобразовательные устройства РЭС / А. И. Иванов-Цыганов. – М. : Высш. шк., 1991. – 272 с.
5. Миловзоров, В. П. Дискретные стабилизаторы и формирователи напряжения / В. П. Миловзоров, А. К. Мусолин. – М. : Энергоатомиздат, 1986. – 248 с.
6. Митрофанов, А. В. Электропреобразовательные устройства / А. В. Митрофанов, В. В. Полевой, В. Г. Сафин. – СПб. : Издательство СПбГЭТУ ЛЭТИ, 2002. – 76 с.
7. Браун, М. Источники питания. Расчет и конструирование / М. Браун. – К. : МК-Пресс, 2005. – 288 с.

References

1. Varlamov R., Dodik C. D. Handbook of electronic devices, Moscow : Energiya, 1978, 328 p.
2. Rudenko C. S. Senko I., Chizhenko I. M. The Basics of Converter equipment, Moscow : Wysch.shcool, 1980. 424 p.
3. Artamonov B. I., Bokonbaev A. A. Sources of power for the radio, Moscow : Energoizdat, 1982, 296 p.
4. Ivanov-Tsyganov A. I. Electro Converter device RES, Moscow: Wysch.shcool., 1991, 272 p.
5. Milovzorov B. N. Musolin A. K. Discrete stabilizers and shapers voltage, Moscow : Energoatomizdat, 1986, 248 p.
6. Mitrofanov A., Polevoy V., Safin V. Electro Converter device, SPb. : Publishing house of the Etu LETI, 2002, 76 p.
7. Brown M. Power Sources. Calculation and design, Kiev : MK-Press, 2005, 288 p.

УДК 621.382

**РАЗРАБОТКА КОМПЬЮТЕРНОЙ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ
ПО ФИЗИКЕ «МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИФФУЗИИ НАТРИЯ
В ИОННЫХ КРИСТАЛЛАХ»**

А. Ф. Базаркин, В. К. Свешников, В. И. Дьяконова

ФГБОУ ВПО «Мордовский государственный педагогический институт им. М. Е. Евсевьева», г. Саранск, Российская Федерация

Аннотация. В преподавании физики важнейшим направлением является использование моделирующих программ и лабораторных практикумов по тем разделам, в которых невозможен натурный эксперимент. Разработана компьютерная лабораторная работа «Моделирование диффузии натрия в ионных кристаллах», в которой проводится моделирование процессов, протекающих в

электродных покрытиях. В этой работе проводится определение коэффициента диффузии натрия в оксиде бария методом Монте-Карло.

Ключевые слова: кристалл, оксид, диффузия, решетка, вакансия, модель, метод Монте-Карло, цикл, имитация, частота, алгоритм.

DEVELOPMENT OF A COMPUTER LABORATORY WORK IN PHYSICS «MODELING THE DIFFUSION OF SODIUM IN IONIC CRYSTALS»

A. F. Bazarkin, V. K. Sveshnikov, V. I. Dyakonova

Abstract. In physics teaching the most important area is the use of simulation software and laboratory workshops on those sections which can not be full-scale experiment. A computer lab "Modeling sodium diffusion in ionic crystals", which is carried out modeling of the processes occurring in the electrode surfaces. In this paper, we determine the diffusion coefficient of sodium oxide, barium Monte Carlo.

Keywords: crystal oxide, diffusion, lattice vacancy model, the Monte Carlo method, cycle simulation, the frequency algorithm.

Одним из наиболее эффективных средств активизации учебного процесса по физике является использование информационно-коммуникационных технологий. Накопленный к настоящему времени опыт применения информационных и дистанционных технологий позволяет говорить о ряде преимуществ этих форм организации учебного процесса

В статье описана разработанная нами компьютерная лабораторная работа на тему «Моделирование диффузии натрия в ионных кристаллах», предназначенная для формирования представлений о процессах, происходящих в электродных покрытиях.

Вся компьютерная работа состоит из трех самостоятельных частей: теоретической, моделирующей части, и контролирующей части, в которой дается самостоятельное задание по проведению компьютерного эксперимента на основании изложенного в первых двух частях.

Теоретическая часть предназначена для формирования у обучаемого понятий об основных физических процессах, протекающих в оксидном покрытии.

Теоретическая часть

К ионным кристаллам относятся оксиды щелочноземельных металлов бария, кальция, стронция и магния. Они состоят из двухзарядных ионов щелочноземельных металлов M^{++} и O^{--} двухзарядного металлоида – кислорода с заполненными оболочками. Оксиды CaO, BaO, SrO, MgO – кристаллизуются в кубической решетке NaCl.

Оксиды щелочноземельных металлов являются основой оксидных катодов (ОК). Оксидный катод представляет собой полупроводник «n» - типа и является наиболее эффективным и экономичным эмиттером электронов из всех типов термоэлектронных катодов. Они широко используются в элект-

тронно-лучевых приборах, приборах СВЧ, генераторных и модуляторных лампах и т. д.

Такие катоды также широко используются в приборах с парами натрия, в частности, натриевых лампах, источниках ионов натрия [1], лазерах с парами натрия.

Экспериментальное изучение свойств ОК в натриевом разряде осложняется высокой химической активностью натрия. Это ограничивает применение традиционных методов исследования, поскольку требуется изготовление специальных конструкций приборов, что приводит к высокой стоимости эксперимента [2]. Поэтому целесообразно осуществить имитационное моделирование методом Монте-Карло диффузии натрия в объеме оксидного катода.

Особенность метода Монте-Карло заключается в воспроизведении с помощью ЭВМ функционирования вероятностей модели некоторого объекта. Задача моделирования заключается в том, чтобы при заданном уровне надежности интересующих нас величин построить алгоритм, оптимальный в отношении некоторого критерия, каким обычно считается количество вычислительной работы, необходимое для достижения заданной точности. Таким образом, при использовании метода Монте-Карло моделируются случайные величины с известными законами распределения и по заданным алгоритмам вычисляются значения существенно более сложных величин, распределение которых не может быть найдено аналитически. При этом метод Монте-Карло использует соотношения теории вероятности.

Определение коэффициента диффузии атомов натрия в объеме ОК существенно важно для изучения структуры реального кристалла и для наблюдения в нем процессов, а также для расчета работы выхода электронов с катода. Диффузионный анализ в ряде случаев дополняет наши знания, полученные при помощи других, ставших классическими, методов: рентгеноструктурного и радиоактивного анализов. В качестве примера рассматривается определение коэффициента диффузии натрия в оксиде бария методом Монте-Карло.

Оксидное покрытие активированного катода имеет пористую структуру, состоящую из кристаллов оксидов. Размеры кристаллов составляют несколько микрон. В процессе активирования катода возникают точечные дефекты-вакансии в узлах кристаллической решетки [3].

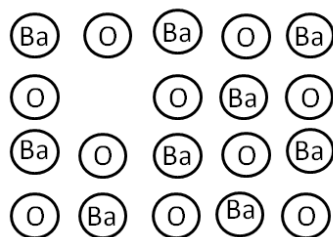


Рис. 1. Структура активированного оксида

Ионный кристалл представляет собой гранецентрированный куб.

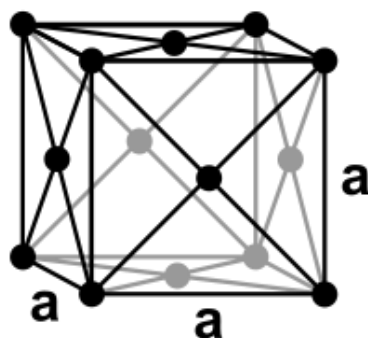


Рис. 2. Гранецентрированный куб, a – единичный вектор

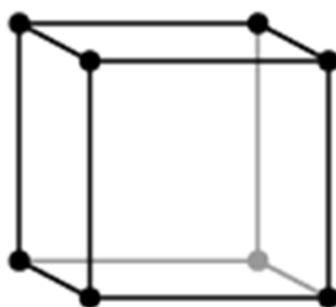


Рис. 3. Кубическая решетка

Для имитационного моделирования диффузии, рассмотрим простую кубическую решетку, состоящую из восьми узлов (рис. 3) [4].

Дефекты по Шоттки образуются вследствие частичной диссоциации поверхности кристалла с последующей миграцией вакансий в объём кристалла.

Вероятность образования вакансий примем равной 25 % из следующих соображений:

1. При сближении атомов может возникнуть вакансия. Объем вакансии в гранецентрированном кристалле составляет 0,5–0,6 от объема атома [5]. Расположив все атомы в линию, получим случай I (рис. 4).

2. При сближении атомов вероятность образования вакансии и количество узлов в кристалле ограничено (случай II). Отсюда, в отличие от I, следует, что содержание вакансий в кристалле составляет 25 %.

3. Распространив предположение 2 на трехмерный кристалл, получим распределение вакансий.

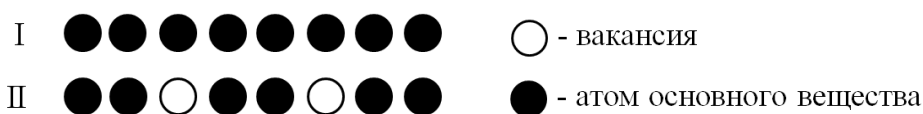


Рис. 4. Распределение атомов и вакансий в одномерном кристалле

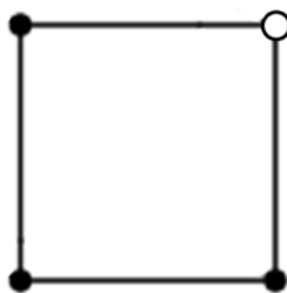


Рис. 5. Распределение вакансий в двумерном кристалле

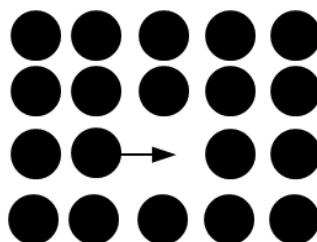


Рис. 6. Вакансионный механизм диффузии

Процесс диффузии целесообразно рассмотреть как серию последовательных перескоков атомов натрия с их узлов в вакантный узел на расстояние порядка межатомного. Переход атома из узла в соседнюю вакансию приводит к перемещению вакансий (рис. 6).

При вакансионном механизме диффузии узел первоначально занятый атомом, становится вакантным, так что в результате скачка атом и вакансия обмениваются местами [6].

Частота перескока ν атомов натрия равна [7]:

$$\nu = \nu_0 \exp\left(-\frac{E}{kT}\right), \quad (1)$$

где ν_0 – частота равная частоте колебания кристаллической решетки, E – энергия активации диффузии, k – постоянная Больцмана, T – температура. Физический смысл (1) в том, что атом колеблется в направлении, совпадающем с направлением диффузии ν_0 раз в секунду, а вероятность того, что атом совершит диффузионный скачок, равна [6]:

$$w = \exp\left(-\frac{E}{kT}\right), \quad (2)$$

При рассмотрении диффузии предполагается, что вероятность атомных скачков (2) не зависит от направлений предшествующих перемещений. Но в реальных кристаллах имеет место такая зависимость [6]. Поэтому каждый диффузионный скачок связан с предыдущим и атом совершает не случайные блуждания, а коррелированные блуждания. Следовательно, целесообразно учитывать наличие данной связи и ввести корреляционный множитель f .

Корреляционный множитель показывает долю скачков, вносящих эффективный вклад в диффузию [8]:

$$f \approx \frac{z-1}{z+1}. \quad (3)$$

где z – число ближайших соседей атома.

Тогда коэффициент диффузии будет определяться по формуле [6]:

$$D = \frac{1}{6} v \lambda^2 f, \quad (4)$$

где λ – длина диффузионного скачка порядка межатомного.

Моделирующая часть. Имитационная модель

Программа расчета коэффициента диффузии натрия в оксиде бария была разработана на языке программирования C++ (рис. 7).

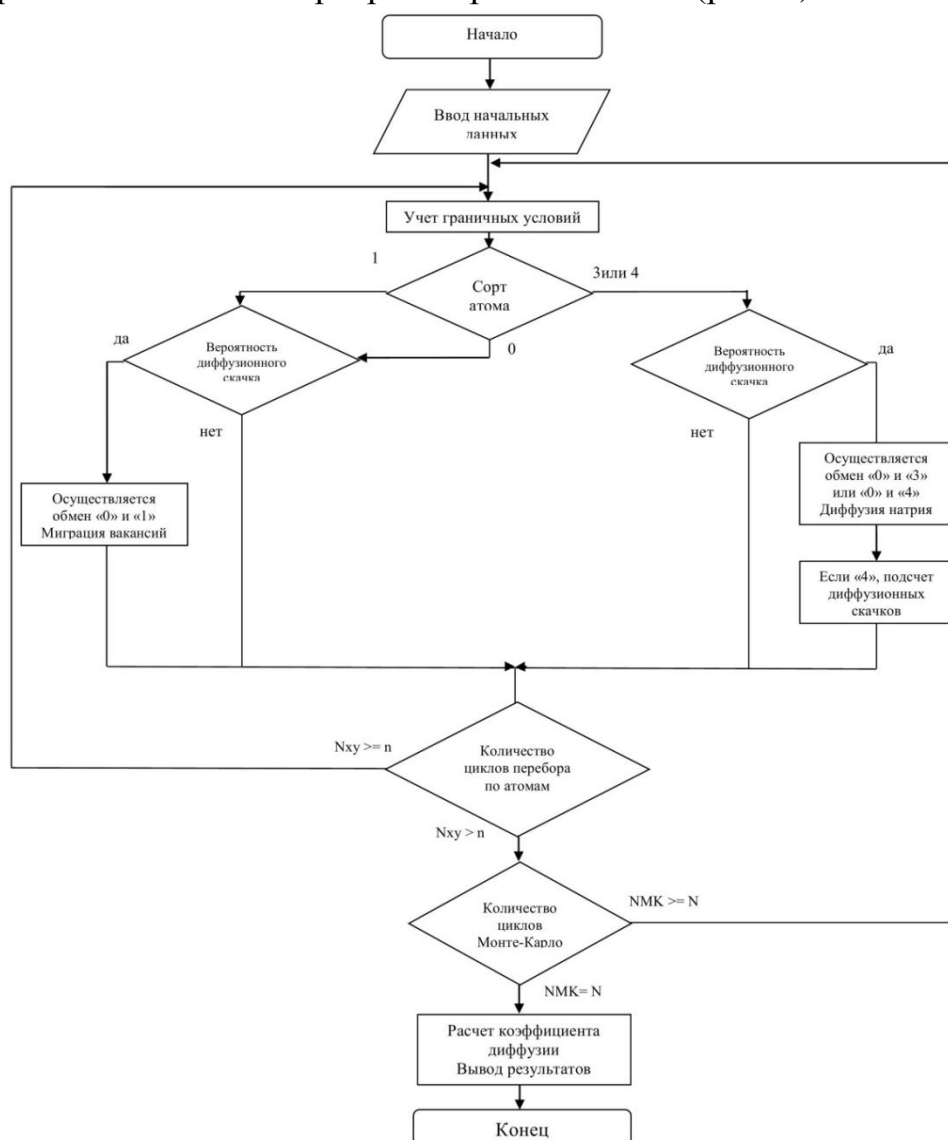


Рис. 7. Алгоритм имитационного моделирования натрия в оксиде бария

1. Если выпадает элемент массива «3», то возможен акт диффузии в одном направлении.

2. Если выпадает элемент массива «0» или «1», то происходит акт обмена в двух возможных направлениях.

После того, как произошло одно из указанных событий, слой натрия на поверхности пополняется из постоянного источника. На этом цикл завершается, и далее открывается следующий аналогичный цикл счета.

Результатами счета является число скачков меченого атома и всех атомов натрия. Расчет коэффициента диффузии осуществляется по формуле (4).

Вследствие высоких машинных затрат на проведение расчета коэффициента диффузии, в программе было использовано соотношение, позволяющее рассчитать коэффициент диффузии без полной имитации колебаний кристаллической решетки за секунду. Так для решетки размером 100x30 атомов и с периодом колебания 10^{-13} с, требовалось бы совершить $3 \cdot 10^{16}$ машинных циклов, что нерентабельно при выполнении расчетов.

Необходимое соотношение для оценки частоты скачков меченого атома натрия имеет вид:

$$\nu = \frac{N_{j4} \nu_0}{N_{MK}}, \quad (5)$$

где N_{j4} – количество диффузионных скачков меченого атома натрия, получаемое по окончании работы программы.

Воспользовавшись алгоритмом, приведенным на рисунке 8, в качестве примера имитируем процесс диффузии со следующими параметрами: $T=600$ К, энергия активации диффузии E натрия и вакансий соответственно 0,5 [3] и 0,3 эВ [4], межатомное расстояние для кристалла оксида бария $\lambda=2,77$ А [3], период колебания кристаллической решетки $\tau_0=10^{-13}$ с и $\nu=10^{13}$ [5], $z=2$, количество циклов Монте-Карло $N_{MK}=4 \cdot 10^6$.

По окончании работы программы получаем значение коэффициента диффузии натрия, общее количество скачков и количество скачков меченого атома натрия, а также распределение атомов в кристалле.

```

33333333333333333333333333333333
331113331111333111311313331331
13111331333333311333313331331
131111333333133311131133333331
13111133111333113133311310133
-----
1311113131311133111111131111
1110111111113111111311113111
13111131111131131131111131111
131111111131133111311131131111
111113333111331311131113311331

```

Рис. 10. Распределение атомов в кристалле по истечению $4 \cdot 10^6$ циклов Монте-Карло

Из рис. 10 следует, что с течением времени происходит насыщение кристалла натрием. Коэффициент диффузии, полученный при температуре 600 К, равен $D = 1,47 \cdot 10^{-12} \text{ м}^2/\text{с}$, что достаточно близко к экспериментальному значению $D = 1,2 \cdot 10^{-12} \text{ м}^2/\text{с}$ [9].

Контрольное задание

1. Выполнить компьютерный расчет коэффициента диффузии натрия в оксиде кальция используя алгоритм, приведенный на рисунке 7, при следующих значениях: $T=800 \text{ К}$, $\lambda=2,4 \text{ А}$, E натрия 0,5 и вакансий 0,3 эВ, $\tau_0 = 10^{-13} \text{ с}$ и $\nu = 10^{13}$, $z = 2$. Расчет произвести при следующих значениях циклов $NMK = 4 \cdot 10^2, 4 \cdot 10^4, 4 \cdot 10^6, 4 \cdot 10^8$.

2. Найти, при каком количестве циклов происходит насыщение слоев оксида кальция. Определить значение коэффициента диффузии (режим насыщения).

Список использованных источников

1. Свешников, В. К. Источник ионов натрия / В. К. Свешников, В. Г. Васильченко // Прикладная физика. – 2013. – № 5. – С. 56–58
2. Свешников, В. К. Исследование влияния натрия на работу выхода оксидного катода / В. К. Свешников // Известия высших учебных заведений. – 2012. – Т. 55. – № 1. – С. 58–61.
3. Никонов, Б. П. Оксидный катод / Б. П. Никонов. – М. : Энергия. – 1979. – 240 с.
4. Болтакс, Б. И. Диффузия в полупроводниках / Б. И. Болтакс. – М. : ГИФМЛ. – 1961. – 137 с.
5. Горелик, С. С. Материаловедение полупроводников и металловедение / С. С. Горелик, М. Я. Дашевский. – М. : Металлургия. – 1973. – 496 с.
6. Маннинг, Дж. Кинетика диффузии атомов в кристаллах / Дж. Маннинг. – М. : Мир. – 1971. – 278 с.
7. Джафаров, Т. Д. Дефекты и диффузия в эпитаксиальных структурах / Т. Д. Джафаров. – 1978. – 208 с.
8. Мурин, А. Н. Диффузия меченых атомов и проводимость в ионных кристаллах / А. Н. Мурин, Б. Г. Лурье. – Л. : Изд-во Ленингр. универ-та. – 1967. – 99 с.
9. Свешников, В. К. Исследование влияния натрия на физические свойства оксидного катода / В. К. Свешников, В. Н. Молин, М. В. Карташова // Радиотехника и электроника. – 2008. – Т. 54. – № 4. – С. 489–493.

References

1. Sveshnikov V. K. Vasilchenko V. G. Source of sodium ions. Applied Physics, 2013, No 5, pp. 56–58.
2. Sveshnikov V. K. Study of the effect of sodium on the work function of the oxide cathode. News of higher educational institutions, 2012, v. 55, No 1, pp. 58–61.
3. Nikonov B. P. Oxide cathode. Moscow : Energiya, 1979, 240 p.
4. Boltaks B. I. Diffusion in semiconductors. Moscow : GIFML, 1961, 137 p.
5. Gorelik S. S., Dashevskii M. Y. Semiconductor Materials and Metal. Moscow : Metallurgy, 1973, 496 p.
6. Manning J. Kinetics of the diffusion of atoms in crystals. New York : Wiley, 1971, 278 p.
7. Jafarov T. Defects and diffusion in epitaxial structures. Moscow, 1978. – 208 p.

8. Murin A. N., Lurie B. G. Tracer diffusion and conductivity in ionic crystals. Leningrad, 1967, 99 p.

9. Sveshnikov V. K., Molin V. N., Kartashova M. V. Study of the effect of sodium on the physical properties of the oxide cathode. Technology and Electronics, 2008, v. 54, No 4, pp. 489–493.

СОДЕРЖАНИЕ

ГУМАНИТАРНЫЕ НАУКИ

Особенности развития современной науки <i>Зейналов Гусейн Гардаш оглы</i>	5
--	---

ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ

Применение численных методов при решении практически направленных задач в технических вузах <i>Кузьмичев Н. Д., Латишина Е. А.</i>	12
Оптимизация учебного физического эксперимента <i>Давиденко А. А.</i>	17
Проектирования информационного образовательного пространства учителя <i>Кормилицына Т. В.</i>	23
Общая теория продолжений алгебраических структур <i>Ладюшкин М. В.</i>	26
Статистические методы обработки информации при проведении педагогического эксперимента <i>Жаркова Ю. С.</i>	34

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Лабораторный стенд для изучения законов смешения цветов <i>Королев В. И., Логунов М. В., Пьянзин Д. В.</i>	39
Изучение тензоэффекта в полупроводниковом тензорезисторе <i>Майоров М. И., Майоров А. М.</i>	43
Лабораторная установка для исследования и измерения характеристик оптической системы световых приборов <i>Байнева И. И., Байнев В. В.</i>	50

Разработка макромоделей для оценки качества электроэнергии автономной системы электроснабжения <i>Шабанов Г. И.</i>	59
Методические особенности построения управляемых выпрямителей с вольтодобавкой <i>Битюков В. К., Симачков Д. С.</i>	64
Разработка компьютерной лабораторной работы по физике «Моделирование диффузии натрия в ионных кристаллах» <i>Базаркин А. Ф., Свешников В. К., Дьяконова В. И.</i>	79

CONTENTS

HUMAN SCIENCES

FEATURES OF DEVELOPMENT OF MODERN SCIENCE
Zeynalov Huseyn 5

SCIENCE

APPLICATION OF NUMERICAL METHODS FOR SOLVING
ALMOST TASKS AIMED AT TECHNICAL UNIVERSITIES
N. D. Kuzmichev, E. A. Lapshina 12

OPTIMIZATION EDUCATIONAL PHYSICAL EXPERIMENT
Andrey Davidenko 17

THE DESIGN OF THE EDUCATIONAL INFORMATION SPACE
TEACHERS
T. V. Kormilitsyna 23

GENERAL THEORY FOR ALGEBRAIC STRUCTURES
M. V. Ladoshkin 26

STATISTICAL METHODS OF DATA PROCESSING
WHEN CONDUCTING OF PEDAGOGICAL EXPERIMENT
Y. S. Zharkova 34

ENGINEERING SCIENCE

LABORATORY BENCH TO STUDY THE PRINCIPLES OF COLOR MIXING
V. I. Korolev, M. V. Logunov, D. V. Pyanzin 39

TENSION RESISTIVE EFFECT STUDYING IN THE SEMICONDUCTOR
RESISTANCE STRAIN GAUGE
M. I. Mayorov, A. M. Mayorov 43

LABORATORY INSTALLATION FOR RESEARCH AND
MEASURE THE CHARACTERISTICS OF THE OPTICAL SYSTEM
LIGHTING DEVICES
I. I. Bayneva, W. W. Baynev 50

DEVELOPMENT OF MACROMODELS TO ASSESS THE QUALITY OF ELECTRICITY AUTONOMOUS POWER SUPPLY SYSTEMS <i>G. I. Shabanov</i>	59
METHODICAL ASPECTS OF MAKING CONTROLLED RECTIFIERS WITH VOLTAGE BOOST <i>V. K. Bitukov, D. S. Simachkov</i>	64
DEVELOPMENT OF A COMPUTER LABORATORY WORK IN PHYSICS «MODELING THE DIFFUSION OF SODIUM IN IONIC CRYSTALS» <i>A. F. Bazarkin, V. K. Sveshnikov, V. I. Dyakonova</i>	79

ГОРЮНОВ ВЛАДИМИР АЛЕКСАНДРОВИЧ

Имя доктора физико-математических наук профессора Горюнова В. А. известно не только научной общественности Мордовского государственного университета имени Н. П. Огарёва, но и ученым физического факультета МГУ им. М. В. Ломоносова. В 60-х годах он обучался в аспирантуре физического факультета в школе академика С. И. Вавилова под руководством видного ученого физика-спектроскописта В. Л. Левшина, заслуженного деятеля науки и техники, дважды лауреата Государственной премии, доктора физико-математических наук, коллеги академика С. И. Вавилова.

В годы учебы в стенах физического факультета аспирант В. А. Горюнов интенсивно работал в области физики люминесцирующих кристаллических систем; получил важные, с физической точки зрения, результаты, позволившие объяснить природу ряда оптических эффектов. Уже в те годы стало ясно, что в лице молодого аспиранта физическая наука имеет серьезного ученого. Это было отмечено в отзыве на кандидатскую диссертацию В. А. Горюнова видного физика, сына академика С. И. Вавилова, Виктора Сергеевича.

Результаты работы В. А. Горюнова того периода были обобщены в докладе его руководителя В. Л. Левшина на международной конференции по люминесценции, состоявшейся в Будапеште в 1966 году и признаны весьма актуальными. Это направление в исследованиях В. А. Горюнова осталось и в более поздних работах. Его аспиранты и докторанты и сейчас работают в этом направлении. Под его руководством по этой проблеме были защищены пять кандидатских и две докторские диссертации.

Насколько интересны и перспективны результаты в этой области люминесцирующих кристаллов, говорит тот факт, что в настоящее время подобные исследования интенсивно ведутся в физических лабораториях США, Японии и Германии.

Отрадно отметить, что В. А. Горюнов, работая в Мордовском университете, в Саранске – городе светотехников, результаты своих исследований московского периода развил и удачно их использовал для решения важной технической проблемы – повышения эффективности люминесцентного слоя

газоразрядных источников света. Им теоретически рассчитана и экспериментально подтверждена возможность просветления люминесцентного экрана. Более чем на 15 % может быть повышена эффективность слоя. Этот вывод имеет принципиальное значение для совершенствования имеющихся и создания новых люминесцентных источников света.

Важное значение теоретических исследований, подтвержденных эффективным практическим выходом (годовая экономическая эффективность разработок по теме, подтвержденная документами в 1987-1990 г.г., составляет около 1 миллиона рублей), является большим достоинством работ профессора В. А. Горюнова.

Результаты исследований доктора физико-математических наук В. А. Горюнова докладывались на многих Всероссийских конференциях и совещаниях по люминесценции и ее практическом применении. Они известны также физикам зарубежных стран. В. А. Горюнов докладывал их на международных конференциях по люминесценции и светотехнике; они вошли в обзоры монографий отечественных и зарубежных авторов. В. А. Горюновым опубликовано более 100 научных статей, получено 25 патентов на изобретения. В. А. Горюнов является автором учебного пособия по люминесценции и ее применению.

Практические результаты научных исследований В. А. Горюнова признаны как наиболее эффективные конкурсной комиссией Министерства электротехнической промышленности и Президиума ЦС ВОИР (1989 г.). Общая оценка научных и практических исследований отмечена премиями имени Н. П. Огарева (1984 г.), государственной премией по науке и технике Мордовии (1997 г.), В. А. Горюнов – заслуженный изобретатель Мордовии (1988 г.) и Российской Федерации (1998 г.).

В. А. Горюнов является организатором работы и бессменным руководителем диссертационного совета по защите докторских и кандидатских диссертаций. Совет успешно работает с 1998 года. За период руководства В. А. Горюновым в совете успешно защищены более 50 кандидатских и докторских работ, представленных как из вузов Республики Мордовии, так и из вузов других городов: Пензы, Москвы, Казани, Рязани.

Как отмечено в энциклопедии «Мордовия», научная школа по люминесценции, организованная в Мордовском университете профессором В. А. Горюновым и сейчас успешно работает над совершенствованием и поисками новых физических эффектов, позволяющих создавать эффективные источники оптического излучения, в том числе электролюминесцентные и светодиодные.

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

Журнал «Учебный эксперимент в образовании» 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 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.

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

1.6 В конце статьи – список литературы (оформление – см. п. 2.6.).

1.7 Индекс УДК (универсальная десятичная 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 по 20 мм формата А4. Обязательна нумерация страниц по центру.

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 – Arial № 10 (обычный).

2.5 Список литературы размещается в конце статьи в порядке последовательности ссылок в тексте. Ссылки на литературу в тексте заключаются в квадратные скобки. Оформление списка литературы проводить в соответствии с требованиями ГОСТ 7.1-2003.

2.6 Рукопись должна быть тщательно отредактирована и подписана автором(ми) с обратной стороны последней страницы с указанием контактных телефонов.

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 Т. В. Кормилицыной 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 членами редколлегии в течение месяца.

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

5.3 Редакционная коллегия 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 Редакционная коллегия 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 Редакционная коллегия предоставляет автору бесплатный экземпляр журнала, содержащий опубликованную статью.

Подписка

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

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 для
подписки в каталоге «Почта России» – 31458.

Подписная цена на полугодие – 346 руб. 62 коп.

По всем вопросам подписки и распространения журнала 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

Подписано в печать
Формат 70x100 1/16. Печать ризография.
Гарнитура Times New Roman. Усл. печ. л. 15,5.
Тираж 200 экз. Заказ № .

ФГБОУ ВПО «Мордовский государственный педагогический институт
им. М. Е. Евсевьева»
Редакционно-издательский центр
430007, г. Саранск, ул. Студенческая, 11 а
