ISSN 2079-875X

УЧЕБНЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ В ОБРАЗОВАНИИ

Научно-методический журнал

3(83)/2017

ISSN 2079-875X

Scientific and methodological journal

Uchebnyi experiment v obrazovanii

3(83) / 2017

Научно-методический журнал

№ 3 (83) (июль – сентябрь) 2017

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

Издается с января 1997 года

Выходит
1 раз в квартал

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

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

Факс:
(834-2) 33-92-67

E-mail:
edu_exp@mail.ru

Сайт:
http://www.mordgpi.ru
eduexp.mordgpi.ru

Подписной индекс в каталоге «Почта России» 31458

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

ISSN 2079-875X

Scientific and methodological journal

№ 3(83) (july – september)

2017

JOURNAL FOUNDER:

FSBEIHE “Mordovian State Pedagogical Institute named after M. E. Evsevyev”

Quarterly issued

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

Telephone numbers:
(834-2) 33-92-83
(834-2) 33-92-84

Fax number:
(834-2) 33-92-67

E-mail:
edu_exp@mail.ru

Website:
http://www.mordgpi.ru
eduexp.mordgpi.ru

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

The edition is reviewed by VINITI
The journal is included in the RISC
The journal is included in the International Directory of periodicals subscribed «Ulrich’s Periodicals Directory”

ISSN 2079-875X

ОТ РЕДАКЦИИ

Уважаемые читатели!

20-22 ноября 2017 года

на базе ФГБОУ ВО «Мордовский государственный педагогический институт им. М. Е. Евсевьева» проводится

X МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ И ПРИКЛАДНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ФИЗИКИ»

посвященная 150-летию со дня образования Русского технического общества

Организаторы конференции:

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ
МЕЖДУНАРОДНЫЙ СОЮЗ НАУЧНЫХ И ИНЖЕНЕРНЫХ ОБЩЕСТВЕННЫХ ОБЪЕДИНЕНИЙ
ПРАВИТЕЛЬСТВО РЕСПУБЛИКИ МОРДОВИЯ
АКАДЕМИЯ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ НАУК РФ
ФГБОУ ВПО «МОРДОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ИМ. М. Е. ЕВСЕВЬВА»
МОРДОВСКОЕ РЕГИОНАЛЬНОЕ ОТДЕЛЕНИЕ РОССИЙСКОГО СОЮЗА НИО
САРАНСКИЙ ДОМ НАУКИ И ТЕХНИКИ
АУ «ТЕХНОПАРК-МОРДОВИЯ»
ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ИМЕНИ А.Ф.ИОФФЕ
НИ «ИНСТИТУТ ТЕХНИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ И АВТОМАТИЗАЦИИ», САРАНСКИЙ ФИЛИАЛ ОАО «НИИТФА»
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «ЛЭТИ» ИМ. В. И. УЛЬЯНОВА
ОАО «ЭЛЕКТРОВЫПРЯМИТЕЛЬ»
ЗАО «ОПТОВОЛОКОННЫЕ СИСТЕМЫ»
ФГБОУ ВО «МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. М. В. ЛОМОНОСОВА»
РЯЗАНСКИЙ РАДИОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ФГБОУ ВО «МОРДОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. Н. П. ОГАРЕВА»
ГУБ РМ НИИС ИМ. А. Н. ЛОДЫГИНА

Предполагается работа секций:

Секция 1. Экспериментальная и теоретическая физика
Секция 2. Полупроводниковые приборы. Микро и наноэлектроника
Секция 3. Светотехника. Источники излучений
Секция 4. Электронные и газоразрядные приборы. Детекторы излучений
Секция 5. Современные достижения в технике физического эксперимента и их использование в учебном процессе

Международная научно-техническая конференция «Фундаментальные и прикладные проблемы физики» продолжает традиции конференций, проводимых в г. Саранске (1992, 1993, 1995, 1997, 1999, 2001, 2003, 2007, 2009, 2012, 2013, 2015 гг.).

Основными задачами конференции являются:

– обмен информацией о научно-технических достижениях в области экспериментальной и теоретической физики, физики полупроводниковых приборов. Микро и наноэлектроники, источников излучений, светотехники, физики электронных и газоразрядных приборов, а также техники физического эксперимента и использования современных достижений в учебном процессе в вузе;

- проведение сравнительного анализа и обсуждение результатов работ теоретического и прикладного характера;

- установление научных связей и областей взаимодействия для ускорения развития и повышения уровня научных исследований, расширение возможностей внедрения результатов исследований в реальную практику.

Рабочий язык конференции: русский.

С оперативной информацией можно ознакомиться на сайте МГПИ www.mordgpi.ru и на сайте журнала www.eduexp.mordgpi.ru

ГУМАНИТАРНЫЕ НАУКИ

УДК 101:37.0(045)
ББК 87.22

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

ФИЛОСОФСКИЕ ПРОБЛЕМЫ СОВРЕМЕННОГО ОБРАЗОВАНИЯ*

Аннотация. В начале 21 века в период развития постиндустриального общества информатика стала ведущей наукой. Законы, категории, принципы информатики все большей очевидностью оказывают влияние на организацию социокультурной жизни и определяют ее. Такая ситуация требует кардинально переосмыслить с точки зрения информатики и информатизации на общефилософском уровне все базовые элементы бытия: пространство, время, человек, реальность, жизнь и т.д. Цель – применение результатов в системе образования. Практически речь идет о выстраивании новой модели нелинейного образовании и технологии спонтанного практико-ориентированного обучения в этом пространстве. Предстоит централизация и интенсификация образовательного процесса в результате создания единого образовательного пространства.

Ключевые слова: информатизация, современное образование, централизация, интенсификация, единое образовательное пространство

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

PHILOSOPHICAL PROBLEMS OF MODERN EDUCATION

Abstract: In the early 21st century, during the development of the postindustrial society, computer science became the leading science. Laws, categories, principles of informatics increasingly influence the organization of sociocultural life and define it. Such a situation requires a radical rethinking from the point of view of informatics and informatization at the general philosophical level all the basic elements of being: space, time, man, reality, life, etc. The goal is to apply the results in the education system. Practically speaking, it is about building a new model of nonlinear education and technology of spontaneous practice-oriented learning in this space. It is necessary to centralize and intensify the educational process as a result of creating a unified educational space.

* Исследование проведено в рамках программы Мордовского научного центра Российской академии образования.

Keywords: informatization, modern education, centralization, intensification, common educational space.

В наши дни много позитивного происходит и в системе образования. Возникают или возрождаются горизонтальные сетевые связи между вузами, укрепляются вертикальные линии управления. Набирает обороты научно-методическое сопровождение подготовки кадров в РФ.

Несмотря на заметные успехи, постоянно возникают новые, заранее неизвестные, проблемы и не все удается реализовать. Словно мы попали в новый, неизведанный мир, законов бытия, которого мы должны открыть. В каком-то плане это правильно. Ведь человечество в середине XX века открыл новый «ящик Пандоры» – информационный уровень организации материи.

Впервые человечество в своем социокультурном развитии породило новый, визуализированный искусственный виртуальный мир с бесконечными возможностями для человека и значит проблемами для себя. Тут же возникли огромный пласт проблем для педагогического, психологического, философского исследования. Анализировать их и решить с точки зрения классической науки или квантово-полевой картины мира мы не можем. Информатика стала ведущей наукой, ее законы, категории, принципы постепенно проникают на все уровни организации социокультурной жизни и определяют ее. Значит, с точки зрения информатики и информатизации необходимо кардинально переосмыслить на общефилософском уровне все базовые элементы бытия: пространство, время, человек, реальность, жизнь и др. и применить все достижения в системе образования. В этом контексте нам предстоит построение новой модели целостного образа человека XXI века в системе современного социогуманитарного знания. Этот образ должен отражаться в философии, культуре, искусстве, литературе и др. формах социогуманитарного знания. Требуется охватить комплекс мировоззренческих, философских, аксиологических, социокультурологических аспектов, ценностных ориентиров человека XXI века. Предстоит выявить и сопоставить существующие в системе социогуманитарного знания проекции образа человека и приспособить его к требованиям XXI века в контексте развития информационного общества.

Иммануил Кант определил пространство и время в качестве априорий формирования человека. Развитие информационных технологий меняет также пространственно-временные характеристики образования. Современное образовательное пространство не чисто предметное, а смешанное. По форме оно дополненное информационно-компьютерными технологиями, а вот по содержанию расширенное виртуальными образами. Следовательно, современное образовательное пространство имеет способность расширяться, моделироваться, быть N-мерным. Законы этого пространства нам до конца не известны. Время здесь управляемо, ускоряемо. Любой фрагмент объективной реальности при наличии интернета и информационных технологий может превратиться в среду образования, где обучающийся выступает в качестве программиста траектории своего образования и его модератора. Важным становится разработка технологии модернизации системы подготовки специалистов в условиях информатизации образования, требуется разработать теоретическую и практическую модели проектирования сетевых электронных учебно-методических комплексов; а также обосновать эффективность применения информационных технологий в образовательном процессе.

Развитие информатики и информационных технологий породили новый мир нелинейных процессов. Современная голографическая модель мира, предложенная информатикой на основе абсолютизация информации, представляет абсолютный хаос без всяких законов и причинно-следственных связей, в классическом смысле отрицает существование вселенной. Мы должны научиться жить в современной нелинейной, хаотичной жизненной системе, работать в нелинейном, бесконечном образовательном пространстве. Нам предстоит создание новой методологии и философии образования такого нелинейного пространства. Речь идет о выстраивании новой модели нелинейного образовании и технологии спонтанного практико-ориентированного обучения в этом пространстве. Главное создать систему такой подготовки и придать ей определенный темп, который соответствует постоянно меняющимся требованиям эпохи, где неустойчивость является самым устойчивым явлением.

На основе опыта прошлых лет вполне можно сравнить динамику изменений способностей нынешних студентов в сравнении с прошлых поколений (автор статьи работает в вузе с 1989 года). Они кардинально отличаются по *восприятию мира, по рациональности мышления*. Современный студент быстро воспринимает образно и практико-ориентирован. Однако когда речь идет о фундаментализме и академизме знаний, научности организации исследовательской деятельности и методологии научного поиска у них не хватает знаний *понятийно-категориального аппарата*. Студенты уже на уровне бакалавриата пишут научные статьи, но к приходу к магистратуре у них не формируется общеметодологической культуры. Они не могут научно описать элементарные процессы, выявить причинно-следственные связи. Вполне возможно, это последствия ускоренной всеобщей информатизации. Поэтому вполне уместным является подготовка и введение в учебный процесс *«Философско-методологические основы научного исследования», о*хватывающий уровень бакалавриата. Цель с раннего возраста *формировать у студента методологическую культуру, основ исследовательской деятельности*, возрождение у них фундаментализма и академизма мышления. Элементарные основы научного поиска могут быть сформированы и в школе. В дальнейшем этот курс может перерасти в лабораторию по исследованию методологических основ науки и методологической подготовке педагога-исследователя в многоуровневом профессиональном образовании (бакалавриат – магистратура – аспирантура – докторантура – постдипломное образование). Необходимо разработать модель концептуализации научного знания в процессе исследовательской деятельности.

В жизни возникает такой момент, когда мы задумываемся о происходящем в жизни общества. Мы вкладываем огромные средства в образование, закупаем компьютеры и другие технологии. Наша страна сейчас производит телефоны, информационные технологии, но наше сознание во многом остаётся на уровне индустриального общества. Переход от индустриального общества к постиндустриальному и информационному обществу было прервано в девяностые годы. Мы часто говорим о демографическом, экономическом спаде. В реальности произошел разрыв и спад во всех сферах нашего сознания – в развитии менталитета, общественного сознания, профессионального сознания.

Можно говорить из собственного опыта научного анализа. Результаты впечатляют если провести сравнительный анализ понятия «наука» в отечественной и зарубежной англоязычной научной литературе. Для этого можно использовать общедоступную научную литературу. В отечественной научной литературе наука – особая деятельность, которая направлена на выявление законов природы, общества. Например, энциклопедический словарь «Естествознание» дает такую дефиницию: «Наука, сфера человеческой деятельности, функция которой – накопление и теоретическое систематизация объективных знаний о действительности…» [3].

В зарубежной англоязычной литературе цель науки – *описание и объяснение* процессов вселенной, природы. Допустим, Википедия дает такое определение науки: «Наука (от латинского Scientia, что означает "знание") – системная организация, которая формирует и организует знания о природе и вселенной в форме проверяемых объяснений и предсказаний[1]» (перевод автора) [4].

Как видно, даже из поверхностного анализа, отличие – ментальное. Данное отличие в дальнейшем следует более детально исследовать, и проработать новую траекторию подготовки и развития отечественного ученого через систему образования.

Когда мы читаем теоретиков постиндустрального общества Д. Белла, А. Тоффлера и других, то мы встречаем у них идею о децентрализации экономики и социокультурной жизни в постиндустриальном обществе. Обобщая и анализируя социально-экономические процессы современности, то волне можно понять несоответствии этой идеи современным реалиям. Так как, явно происходит гиперурбанизация, более глубокое разделение труда, специализации целых регионов и стран. Выжить в этом относительно открытом нелинейном пространстве и абсолютном хаосе социокультурных и экономических процессов, могут только те социальные системы, которые смогут сверхмобилизоваться и работать на единую цель в рамках всей системы – региона, страны. Именно единая цель формирует и создает конечное благо, ценностное благополучие, как региона, социально-экономического района, так и большой страны.

Гиперцентрализация социально-экономической сферы ведет к сверхинтенсификации, что в свою очередь, меняет процессы взаимодействия центра и периферии. Массовое проникновение непроверенной и неосвоенной «чужой информации» через периферии в ядро культуры актуализирует проблему социокультурной безопасности на информационном уровне.

В конечном счете, гиперцентрализация и сверхинтенсификация процес-

[1] Science (from Latin scientia, meaning "knowledge") is a systematic enterprise that builds and organizes knowledge in the form of testable explanations and predictions about nature and the universe.

сов требуют централизацию определенных элементов образования. Следует говорить о такой централизации образования, когда студент как конечный продукт может быть подготовлен не конкретным вузом, а всей системой образования. В определенном смысле фактором централизации и интенсификации образования может стать создание единого образовательного пространства. В последние годы в научной литературе очень много об этом пишут. В данном случае централизация образования в рамках единого образовательного пространства не означают унификацию, сведение образования к единым знаниям. Наоборот предлагается сохранение культурного разнообразия России и превращение его в достояние всей образовательной аудитории на основе применение информационных технологий.

При создании единого образовательного пространства важную роль может играть Российская академия образования, которая постепенно возвращает свои позиции. РАО превращается в системообразующий элемент современного российского образования.

Как уже было отмечено, централизация и интенсификация выступают важными методологическими факторами современного образования. Главным образовательным пространством на сегодня является, по нашему мнению, – интернет, где накоплен большой объем научного и учебного материала. Интернет – это бесконечность, куда практически «сваливаются» обществом все нужное и ненужное. Здесь не работают принципы и законы классического рационализма. С целью интенсификации учебного процесса предстоит создание некоего упорядоченного образовательного интернет-пространства. Определенный прототип такого образовательного портала создается на базе сайта Мордовского государственного педагогического института для учителей региона. Однако если речь идет о российской системе образования, то предстоит создание Единого образовательного портала на базе сайта РАО для всех педагогических вузов и школ России. Там может быть расположено все об образовании – научные проекты преподавателей, презентации, интернет-лекции, видеозаписи уроков. Здесь же могут быть налажены быстрые сетевые контакты, созданы блоги. Это означает создание единого образовательного пространства России, что повысит эффективность и управляемость всей системы образования. Важную помощь, в качестве связующего звена, в этом процессе может оказать Российская Академия образования, а сайт РАО может служить платформой для этого. Главное создание научно обоснованных электронных образовательных ресурсов, обеспечивающих непрерывное образование, включая технологии неформального и спонтанного обучения. В рамках данного образовательного пространства могут быть определены условия применения информационно-коммуникационных технологий, электронных образовательных ресурсов по социально-гуманитарным дисциплинам.

В данное время кафедра является базовым пространством, где формируется специалист. Нелинейность и неопределенность реальных процессов социально-экономической сферы требуют внесения радикальных перемен в процесс подготовки кадров. В дальнейшем междисциплинарность и межкафедральность становятся базовыми при подготовке специалистов. В процессе обучения студент должен проходить через основные кафедры вуза, а педагогики, психологии, информатики обязательно независимо от специальности. Может быть создана система консультаций в рамках сетевой взаимодействии вузов по определенным направлениям науки с ведущими специалистами из других вузов, в том числе в процессе разработке выпускной работы. РАО вполне может связующим звеном.

Самым важным и недостающим для современного человека, который постоянно учится и работает в интернет-пространстве, является время. Предстоит рационализация интернета с точки зрения объективности времени. Развитие рынка образовательных услуг РФ в условиях интенсификации и глобализации мирового сообщества требует новую организацию труда преподавателя. Как свидетельствуют мониторинги преподавателей МГПИ, сохранение классического типа организации труда преподавателя ведет к физической и интеллектуальной усталости. Возникает профессиональное выгорание. В нашем институте делается очень многое и по изучению позитивных и отрицательных моментов организации труда наших преподавателей. Делается очень многое и по профилактике профессионального выгорания [1; 2]. Однако нас также интересует опыт работы других отечественных вузов и зарубежных стран в этом направлении. РАО может стать координатором деятельности вузов по организации труда преподавателей вуза при современных условиях и организации научных исследований в этом направлении.

Наше общество постепенно переходит от индустриальной организации производства к постиндустриальной. Можно избежать многих негативных моментов при реформировании образования, если критически анализировать отечественный и зарубежный педагогический опыт. Хотя бы потому, что наша страна переходит к постиндустриальному обществу в 21 веке, а западные страны совершили переход в 60–80 годы XX века. Зарубежная система образования имеет определенный опыт преодоления негативных моментов реформ, наработана методика.

Не нужно забывать отечественный педагогический опыт, тенденции и перспективы развития нашего образования. Пора возвращать фамилии и опыт Щедровицкого, Шаталова и других отечественных ученых, педагогов, философов образования, потому, что наш педагогический опыт ориентирован на нашу социокультурную реальность, на требования нашей экономики, особенности нашего менталитета. Мордовский пединститут имеет свой опыт в этом направлении. Допустим, идет активное исследование такого отечественного педагога Ефима Григорьевича Осовского. Кафедра философии исследует творчество Виктора Ивановича Кемкина. Каждая кафедра нашего вуза имеет своего основателя, который связывает ее с постиндустриальной эпохой советского периода.

РАО может играть важную роль в разработке перспективных методов и подходов при критическом анализе отечественный и зарубежный педагогический опыт, а также популяризации их. Основные моменты этих исследований могут быть расположены в Едином образовательном портале, что позволит использовать данный потенциал социально-гуманитарного знания с целью обеспечения высокой мобильности выпускников в условиях многоуровневого образования. Актуальным является исследование совместно с РАО зарубежного и советского опыта преподавания социально-гуманитарных дисциплин и актуализировать для современности.

Таким образом, меняется не только форма и содержание образование. Преобразуется вся система отечественного образования. Формируется новая образовательная среда, где решающее значение имеют информационные технологии. Меняется и место и роль РАО в системе отечественного образования. РАО больше обретает функции в координатора, модератора и российского образования и его узлового элемента.

Список использованных источников

1. Зейналов, Г. Г. Социальная эффективность инновационной деятельности вуза (на примере Мордовского госпединстута) / Г. Г. Зейналов, Л. В. Стародубцева // Философия образования : научный журнал. – 2012. – № 6. – С. 102–107.

2.Зейналов, Г. Г. Мордовский государственный педагогический институт на региональном рынке образовательных услуг / Г. Г. Зейналов, В. В. Кадакин // Alma mater (Вестник высшей школы) : научно-методический журнал – 2014. – № 12. – С. 45–52.

3.Наука // Энциклопедический словарь «Естествознание» / сост. В. Д. Шолле. М. : Большая Российская энциклопедия, 2003. – с. 255.

4. Science. Электронная энциклопедия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://en.wikipedia.org/wiki/Science.

References

1. Zeynalov G.G., Starodubtseva L.V. The Social efficiency of innovative activity of the University (on the example of Mordovian gospodarstwa). Philosophy of education : scientific journal, 2012, 6, 102–107.

2. Zeynalov G.G., Kadakin V.V. Mordovian state pedagogical Institute on the regional market of educational services. Alma mater (Vestnik vysshei shkoly) : scientific-methodical journal – 2014, 12, 45–52.

3. Science. Encyclopedic dictionary of Natural history. Comp. V.D. Scholl. Moscow, Bol'shaja Rossijskaja jenciklopedija 2003, 255.

4. Science Electronic resource. URL: http://en.wikipedia.org/wiki/Science (date accessed: 19.07.2017).

Поступила 29.07.17 г.

ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ

УДК 519.651
ББК 332.85

Байнева Ирина Ивановна
кандидат технических наук, доцент
кафедра светотехники
ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарева», г. Саранск, Россия
BaynevaII@rambler.ru

КОМПЬЮТЕРНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ ЗАДАЧ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ МАТЕМАТИКИ В ЛАБОРАТОРНОМ ПРАКТИКУМЕ МАГИСТРОВ

Аннотация: В статье описаны методы и примеры их решения при изучении задач вычислительной математики – интерполяции и аппроксимации – в рамках изучения дисциплины «Методы математического моделирования» магистерской программы 11.04.04 «Электроника и наноэлектроника» по профилю «Теоретическая и прикладная светотехника».

Ключевые слова: магистр**,** моделирование, лабораторная работа, интерполяция, аппроксимация, программное обеспечение, технический объект.

Bayneva Irina Ivanovna
Candidate of technical Sciences, Docent
Department of lighting engineering
National Research Ogarev Mordovia State University, Saransk, Russia

COMPUTER IMPLEMENTATION OF THE PROBLEMS OF COMPUTATIONAL MATHEMATICS IN THE LABORATORY MASTERING PRACTICE

Abstract: The article describes methods and examples of their solution in the study of interpolation and approximation problems within the discipline «Methods of mathematical modeling» of the master's program 11.04.04 «Electronics and nanoelectronics» on the profile «Theoretical and Applied Lighting Technology».

Keywords: master, modeling, laboratory work, interpolation, approximation, software, technical object.

С 2010 года на светотехническом факультете (в настоящее время Институт электроники и светотехники) Национального исследовательского Мордовского государственного университета имени Н. П. Огарева ведется обучение магистров в рамках образовательной программы направления подготовки 11.04.04 «Электроника и наноэлектроника» по профилю «Теоретическая и прикладная светотехника» [1]. Специалисты данной квалификации (светотехники, инженеры-конструкторы) востребованы в современной российской науке и на производстве.

Магистры изучают предметы, связанные с созданием современных светодиодных источников и осветительных приборов, разработкой и компьютерным моделированием электронных устройств для питания и интеллектуального управления различными источниками света, фотометрированием источников света и приборов. Они занимаются разработкой, проектированием и конструированием оптических элементов и световых приборов с использованием прикладных программ КОМПАС-3D, AutoCad, SolidWorks, Trace Pro, компьютерным моделированием систем освещения различного функционального назначения (архитектурные сооружения, общественные и административные здания, производственные помещения, спортивные объекты, ландшафтные и рекреационные зоны) с помощью прикладных пакетов DIALux, Relux, 3ds Max Design, Photoshop.

Проектирование и производство современных оптических систем и систем освещения требует моделирования сложных физических и математических явлений [2]. В связи с этим особую значимость приобретает освоение дисциплин, связанных с углубленным изучением методов и средств математического моделирования технических объектов и процессов с применением современного программного обеспечения, например, MatLab, Excel. Практическая значимость математического моделирования заключается в возможности получения информации о качественных свойствах и количественных характеристиках изучаемого объекта без проведения (часто сложных или дорогостоящих) экспериментов в натуре, что может оправдывать затраты на преодоление трудностей, возникающих в процессе разработки или при попытках использования математических моделей.

Учебная дисциплина «Методы математического моделирования» относится к дисциплинам базовой части образовательной программы.

Для изучения курса требуется знание физики, математики, информационных технологий. Она охватывает круг вопросов, связанных с формированием знаний в области математического моделирования процессов в электронной отрасли, построения математических моделей решаемых задач, корректного использования математических методов для их решения, в том числе с использованием ЭВМ и анализа получаемых результатов [3].

Целью изучения дисциплины является формирование знаний и овладение основными методами математического моделирования процессов в светотехнической отрасли, необходимыми знаниями и умениями для построения моделей конкретных объектов, в том числе источников света, световых приборов и их конструктивных элементов [4].

В результате освоения дисциплины магистры должны знать методы интерполирования и аппроксимации опытных данных, решения задач оптимизации, получения математических моделей технических объектов; математический аппарат, позволяющий наиболее адекватно описывать типовые производственные задачи; методы обработки данных, полученных в результате научных или производственных экспериментов; методы моделирования объектов и взаимосвязи между ними. Они должны уметь разрабатывать математические модели проектируемых объектов, осуществлять компьютерное моделирование, формулировать задачу, выделять исходные данные и результаты выполнения проектных процедур.

Данный курс подготавливает магистров к научно-исследовательской деятельности и работе над магистерской диссертацией. Видами учебной работы по дисциплине «Методы математического моделирования» являются лекции и лабораторные занятия. Одна из лабораторных работ посвящена теме «Интерполирование и аппроксимация функций» [3].

Основная задача интерполяции – нахождение значения таблично заданной функции в тех точках внутри заданного интервала, где она не задана. Экстраполяция – несколько более «широкое» понятие, оно сводится к восстановлению функции в точках за пределами заданного интервала. В обоих случаях исходные табличные данные могут быть получены как экспериментально, так и расчетным путем по сложным зависимостям (в этом случае найти с помощью интерполяции значение сложной функции бывает проще, чем непосредственным вычислением по сложной формуле).

Решение задач интерполяции обеспечивается построением интерполяционной функции L(x), приближенно заменяющей исходную f(x), заданную таблично и проходящей через все заданные точки – узлы интерполяции. С помощью этой функции можно рассчитать искомое значение исходной функции в любой точке.

В связи с интерполяцией рассматриваются три основные проблемы:

–выбор интерполяционной функции L(x);

–оценка погрешности интерполяции R(x);

–размещение узлов интерполяции для обеспечения наивысшей возможной точности восстановления функции ($x_1, x_2, \ldots, x_n$).

При обработке экспериментальных данных часто возникает необходимость аппроксимировать их линейной функцией. Аппроксимацией (приближением) функции f(x) называется нахождение такой функции (аппроксимирующей функции) g(x), которая была бы близка заданной. Критерии близости функций могут быть различные. В случае если приближение строится на дискретном наборе точек, аппроксимацию называют точечной или дискретной. В случае если аппроксимация проводится на непрерывном множестве точек (отрезке), она называется непрерывной или интегральной. Примером такой аппроксимации может служить разложение функции в ряд Тейлора, то есть замена некоторой функции степенным многочленом.

Специальные методы интерполяции позволяют определить искомое значение функции без непосредственного прямого построения интерполяционной функции. Все интерполяционные методы, базирующиеся на использовании в качестве интерполяционной функции полиномов, дают одни и те же результаты, но с разными затратами, так как полином n-й степени, содержащий n +1 параметр и проходящий через все заданные n+1 точки, единственный. Кроме того, полином можно представить как усеченный ряд Тейлора, в который разложили исходную дифференцируемую функцию.

Выбор вида интерполяционной функции является в общем случае важной задачей, поскольку через заданные точки можно провести любое количество функций (рис. 1).

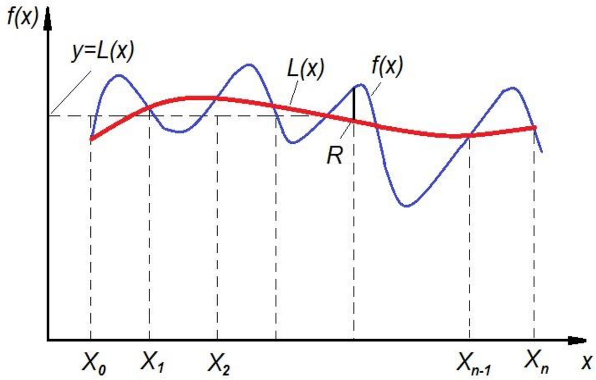


Рис. 1. Иллюстрация интерполяции функции

Одной из реализаций интерполяции является интерполяция методом Лагранжа. Пусть известны значения некоторой функции f(x) в n+1 различных произвольных точках $Y_i=f(x_i)$, i=0,...,n. Для интерполирования (восстановления) функции в какой-либо точке x, принадлежащей отрезку $[x_0,x_n]$, необходимо построить интерполяционный полином n-го порядка, который в методе Лагранжа представляется следующим образом:

$$L_n(x)=\sum_{i=0}^{n} y_i \frac{(x-x_0)(x-x_1)\ldots(x-x_{i-1})(x-x_{i+1})\ldots(x-x_n)}{(x-x_0)(x-x_1)\ldots(x-x_{i-1})(x-x_{i+1})\ldots(x-x_n)}, \quad x \neq x_i. \quad (1)$$

или

$$\begin{aligned} L_n(x) &= y_0 \frac{(x-x_0)\ldots(x-x_{j-1})(x-x_{j+1})\ldots(x-x_n)}{(x_0-x_1)\ldots(x_0-x_{j-1})(x_0-x_{j+1})\ldots(x_0-x_n)} + \\ &+ y_1 \frac{(x-x_0)\ldots(x-x_{j-1})(x-x_{j+1})\ldots(x-x_n)}{(x_1-x_0)\ldots(x_1-x_{j-1})(x_1-x_{j+1})\ldots(x_1-x_n)} + \ldots \qquad . \\ &+ y_n \frac{(x-x_0)\ldots(x-x_{j-1})(x-x_{j+1})\ldots(x-x_n)}{(x_n-x_0)\ldots(x_n-x_{j-1})(x_n-x_{j+1})\ldots(x_{n-1}-x_n)}. \end{aligned} \quad (2)$$

Оценить погрешность интерполяции в точке x из $[x_0,x_n]$ (т. е. решить вторую проблему интерполяции) можно по формуле:

$$R(x)=\left|f(x)-L_n(x)\right| \le \frac{M_{n+1}}{(n+1)!}\prod_{i=0}^{n}(x-x_i). \quad (3)$$

В формуле $M_{n+1}=\max\left|f^{(n+1)}(x)\right|$ – максимальное значение (n+1) производной исходной функции f(x) на отрезке $[x_0,x_n]$. Для того, чтобы оценить погрешность интерполяции, необходима некоторая дополнительная информация об исходной функции (через заданные исходные точки может проходить бесчисленное количество различных функций, для которых и погрешность будет разной). Такой информацией является производная порядка n+1.

Пример 1. По таблично заданной функции (таблица 1) найти у при x=1,3833 ручным подсчетом и в Excel.

Таблица 1

Исходная таблица

x	*y*
1,375	2,04192
1,38	2,17744
1,385	2,32016
1,39	2,47069
1,395	2,62968
1,4	2,79788

При вычислении коэффициентов Лагранжа разности удобно расположить так, как представлено в таблице 2:

Таблица 2

Преобразование исходных данных

$x-x_0$	X_0-x_1	X_0-x_2	…	X_0-x_n
X_1-x_0	$x-x_1$	X_1-x_2	…	X_1-x_n
X_2-x_0	X_2-x_1	$x-x_2$		X_2-x_n
…	…	…	…	…
X_n-x_0	X_n-x_1	X_n-x_2	…	$x-x_n$

Обозначим произведение элементов строк через D_i $(i=0,1,2,\dots,n)$, а произведение элементов главной диагонали – через $\Pi_{n+1}(x)$, тогда в случаях равностоящих узлов получится формула:

$$L_n(x) = \Pi_{n+1}(x)\sum_{i=0}^{n}\frac{y_i}{D_i}. \tag{4}$$

Исходные данные (значения таблицы 1 и значение *x*=1,3833) занесем в определенные ячейки. Результаты расчетов по этим формулам сведены в таблицу 3:

Таблица 3

Результаты расчетов

Множители в формуле полинома Лагранжа						**Di**	**Yi/Di**	
0,0083	-0,005	-0,01	-0,015	-0,02	-0,025	-3,1125E-12	-6,56039E+11	
0,005	0,0033	-0,005	-0,01	-0,015	-0,02	2,475E-13	8,79774E+12	
0,01	0,005	-0,0017	-0,005	-0,01	-0,015	6,375E-14	3,63947E+13	
0,015	0,01	0,005	-0,0067	-0,005	-0,01	-2,5125E-13	-9,83359E+12	
0,02	0,015	0,01	0,005	-0,0117	-0,005	8,775E-13	2,99679E+12	
0,025	0,02	0,015	0,01	0,005	-0,0167	-6,2625E-12	-4,46767E+11	
							3,72528E+13	**ΣYi/Di**

График функции, включая найденное значение, представлен на рисунке 2.

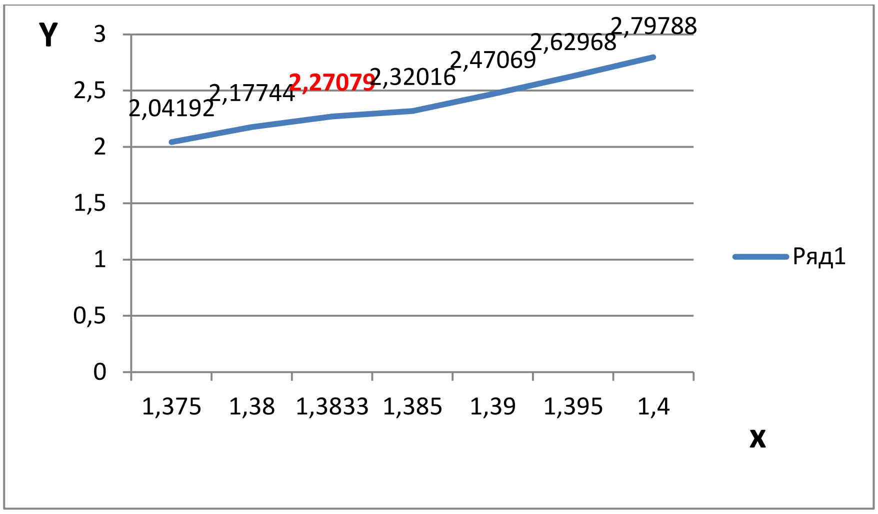
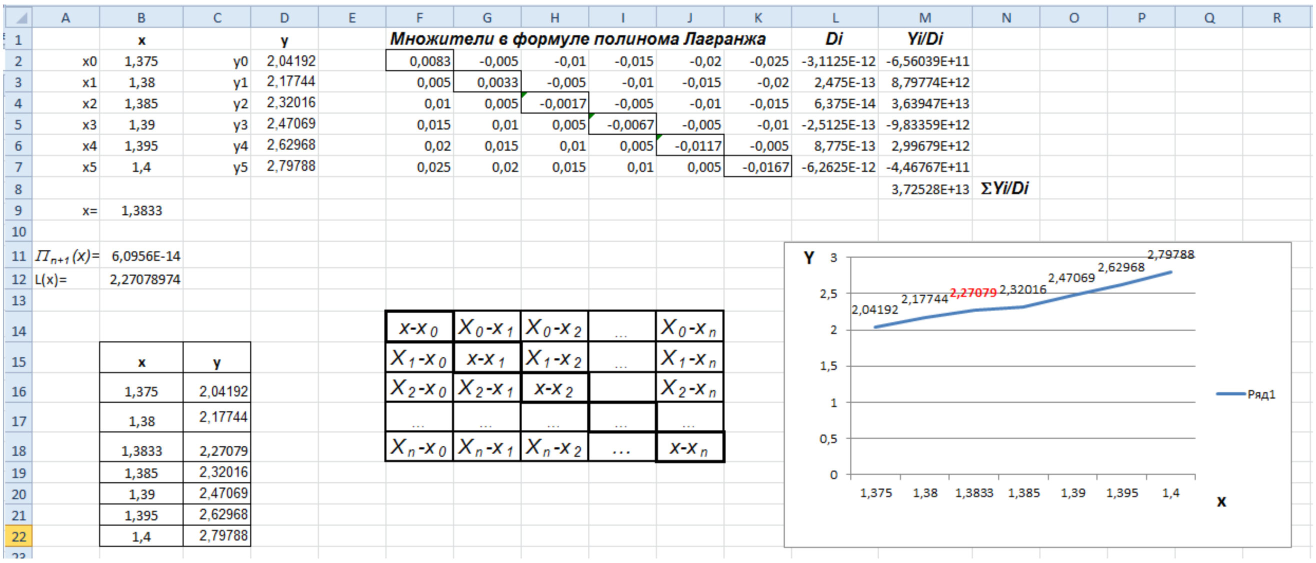


Рис. 2. График зависимости функции Y(X)

На рисунке 3 представлен результат выполнения задания примера 1.



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1		x		y		Множители в формуле полинома Лагранжа						Di	Yi/Di	
2	x0	1,375	y0	2,04192		0,0083	-0,005	-0,01	-0,015	-0,02	-0,025	-3,1125E-12	-6,56039E+11	
3	x1	1,38	y1	2,17744		0,005	0,0033	-0,005	-0,01	-0,015	-0,02	2,475E-13	8,79774E+12	
4	x2	1,385	y2	2,32016		0,01	0,005	-0,0017	-0,005	-0,01	-0,015	6,375E-14	3,63947E+13	
5	x3	1,39	y3	2,47069		0,015	0,01	0,005	-0,0067	-0,005	-0,01	-2,5125E-13	-9,83359E+12	
6	x4	1,395	y4	2,62968		0,02	0,015	0,01	0,005	-0,0117	-0,005	8,775E-13	2,99679E+12	
7	x5	1,4	y5	2,79788		0,025	0,02	0,015	0,01	0,005	-0,0167	-6,2625E-12	-4,46767E+11	
8													3,72528E+13	ΣYi/Di
9	x=	1,3833												
11	$\Pi_{n+1}(x)$=	6,0956E-14												
12	L(x)=	2,27078974												

x	y
1,375	2,04192
1,38	2,17744
1,3833	2,27079
1,385	2,32016
1,39	2,47069
1,395	2,62968
1,4	2,79788

$x-x_0$	X_0-x_1	X_0-x_2	…	X_0-x_n
X_1-x_0	$x-x_1$	X_1-x_2	…	X_1-x_n
X_2-x_0	X_2-x_1	$x-x_2$		X_2-x_n
…	…	…	…	…
X_n-x_0	X_n-x_1	X_n-x_2	…	$x-x_n$

Рис. 3. Результат выполнения примера 1 в Excel

При аппроксимации линейной функцией любая такая функция может быть записана уравнением [3]:

$$y = ax + b. \tag{5}$$

Аппроксимация заключается в отыскании коэффициентов a и b уравнения, таких, чтобы все экспериментальные точки лежали наиболее близко к аппроксимирующей прямой. С этой целью чаще всего используется метод наименьших квадратов, суть которого заключается в следующем: сумма квадратов отклонений значения точки от аппроксимирующей точки принимает минимальное значение

$$F(a,b) = \sum_{i=1}^{n} (y_i - (ax_i + b))^2 \to \min. \tag{6}$$

Решение поставленной задачи сводится к нахождению экстремума функции двух переменных. С этой целью находят частные производные функции по коэффициентам a и b и приравнивают их к нулю (система 7):

$$\begin{cases} \dfrac{\partial F(a,b)}{\partial a} = -2\sum_{i=1}^{n}\left(y_i - (ax_i + b)\right)\cdot x_i = 0 \\ \dfrac{\partial F(a,b)}{\partial a} = -2\sum_{i=1}^{n}\left(y_i - (ax_i + b)\right) = 0. \end{cases} \quad (7)$$

Решают полученную систему уравнений и определяют значения коэффициентов в виде (8):

$$\begin{cases} a = \dfrac{n\sum_{i=1}^{n} x_i \cdot y_i - \sum_{i=1}^{n} x_i \cdot \sum_{i=1}^{n} y_i}{n\cdot\sum_{i=1}^{n} x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^{n} x_i\right)^2}, \\ b = \dfrac{n\sum_{i=1}^{n} y_i - a\sum_{i=1}^{n} x_i}{n}. \end{cases} \quad (8)$$

Для получения аппроксимирующей функции в виде линейного полинома $y=a_0+a_1x$ по имеющимся экспериментальным данным можно воспользоваться системой уравнений в виде (9):

$$\begin{cases} a_0 n + a_1\sum_{i=1}^{n} x_i = \sum_{i=1}^{n} y_i \\ a_0\sum_{i=1}^{n} x_i + a_1\sum_{i=1}^{n} x_i^2 = \sum_{i=1}^{n} x_i y_i \end{cases} \quad (9)$$

где n – порядок системы.

Пример 2. Средствами Excel найти аппроксимирующую функцию в виде линейного полинома $y=a_0+a_1x$ по имеющимся экспериментальным данным, представленным в таблице 4:

Таблица 4

Экспериментальные данные

x	***y***
2,3750	5,0419
2,3800	5,1774
2,3850	5,3202
2,3900	5,4707
2,3950	5,6297
2,4000	5,7979

Результаты вычислений коэффициентов при неизвестных приведены в таблице 5.

Таблица 5

Результаты вычислений

	x	y	x^2	xy
	2,375	5,0419	5,640625	11,97451
	2,38	5,1774	5,6644	12,32221
	2,385	5,3202	5,688225	12,68868
	2,39	5,4707	5,7121	13,07497
	2,395	5,6297	5,736025	13,48313
	2,4	5,7979	5,76	13,91496
Σ	14,325	32,4378	34,20138	77,45847

Система уравнений имеет вид:

$$\begin{cases} 6a_0 + 14{,}325a_1 = 32{,}4378 \\ 14{,}325a_0 + 34{,}2014a_1 = 77{,}4585 \end{cases}$$

Решение системы методом Крамера дало значения a_0=-63,0053, a_1= 28,6541. Таким образом, уравнение аппроксимирующей кривой в линейном приближении имеет вид: У=-63,0053+28,6541x.

Графики заданной таблично и аппроксимирующей функций представлены на рисунке 4.

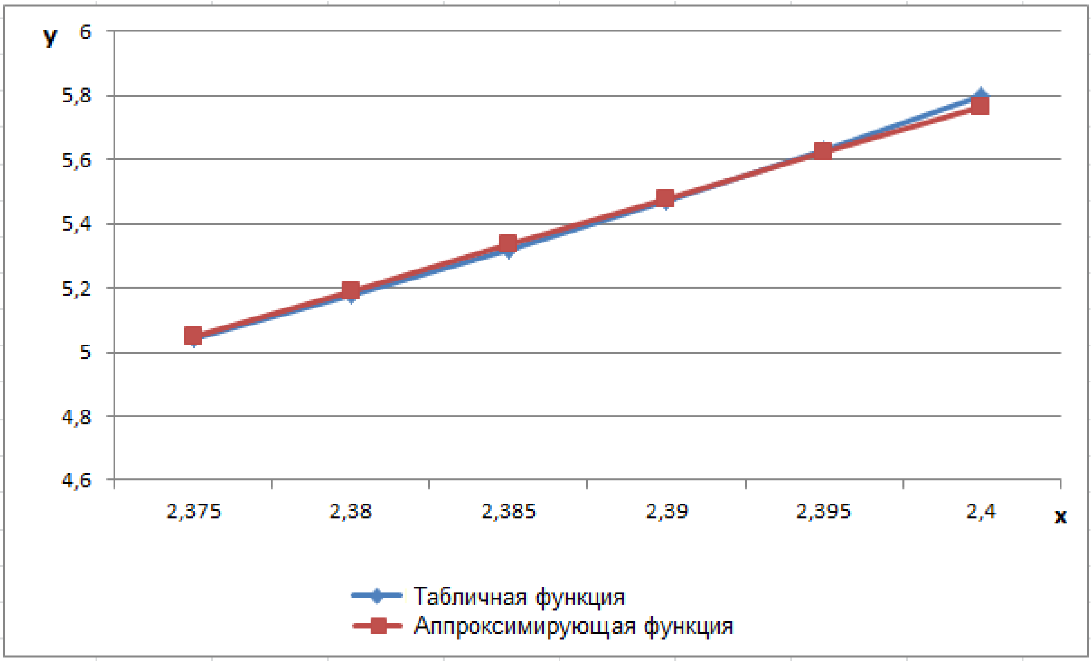


Рис. 4. Графики заданной таблично и аппроксимирующей функций примера 2

Результаты вычислений значений аппроксимированной функции Y, относительная и абсолютная погрешности аппроксимации приведены в таблице 6:

Таблица 6

Полное решение для задачи

x	y	Y	Δ(Y-y)	δy,%
2,375	5,0419	5,048188	0,006288	0,12455
2,38	5,1774	5,191458	0,014058	0,270791
2,385	5,3202	5,334728	0,014528	0,272338
2,39	5,4707	5,477999	0,007299	0,133242
2,395	5,6297	5,62127	0,00843	0,149975
2,4	5,7979	5,76454	0,03336	0,578711

Овладение основными методами математического моделирования, в частности, принципами и методами интерполяции и аппроксимации, с элементами компьютерного расчета, окажет большую помощь магистрам в их научно-исследовательской работе, в профессиональной деятельности при моделировании технических объектов и процессов.

Список использованных источников

1. Байнева, И. И. Организационные основы педагогической практики в магистратуре направления подготовки «Электроника и наноэлектроника» / И. И. Байнева // Учебный эксперимент в образовании. – 2016. – № 4 (80). – С. 45– 51.

2. Байнева, И. И. Информационные технологии в моделировании оптических систем осветительных приборов / И. И. Байнева // Информатизация образования и науки. – 2017. – № 2 (34). – С. 15–23.

3. Байнева, И. И. Методы математического моделирования : учебное пособие. Саранск : Афанасьев В. С., 2013. – 128 с.

4. Байнева, И. И. Осветительные приборы : учеб. пособие / И. И. Байнева. – Саранск : Изд-во Мордов. ун-та, 2017. – 128 с.

References

1. Bayneva I.I. Organizational bases of pedagogical practice areas postgrad of preparation «Electronics and nanoelectronics». Uchebnyj eXperiment v obrazovanii, 2016, 4 (80), 45–51.

2. Bayneva I.I. Information technologies in modeling of optical systems of light devices. Informatization of Education and Science, 2017, 2 (34), 15–23.

3. Bayneva I.I. Methods of mathematical modeling: a textbook. Saransk, Afanasyev V.S. 2013, 128 p.

4. Bayneva I.I. The Light devices: a textbook. Saransk, Mordov Publishing House. Univ. 2017, 128 p.

Поступила 12.06.17 г.

УДК 004:002(045)
ББК 73

Вознесенская Наталья Владимировна
кандидат педагогических наук, доцент
кафедра информатики и вычислительной техники
ФГБОУ ВО «Мордовский государственный педагогический институт
имени М. Е. Евсевьева», Саранск, Россия
ivt@mordgpi.ru

РЕАЛИЗАЦИЯ STEAM ПОДХОД В ОБУЧЕНИИ ДЕТЕЙ РОБОТОТЕХНИКЕ НА БАЗЕ ЦЕНТРА МОЛОДЕЖНОГО ИННОВАЦИОННОГО ТВОРЧЕСТВА*

Аннотация. В статье рассматривается цели создания центров молодежного и инновационного творчества. Показана необходимость и перспективы реализации образовательных программ по робототехнике.

Ключевые слова: центр молодежного и инновационного творчества, образовательная робототехника, инновации, учебная деятельность.

Voznesenskaya Natalya Vladimirovna
Candidate of pedagogical Sciences, Docent
Department of computer science and engineering
Mordovian State Pedagogical Institute, Saransk, Russia

IMPLEMENTATION OF A STEAM APPROACH TO TEACHING CHILDREN ROBOTICS AT THE CENTER FOR YOUTH INNOVATIVE CREATIVITY

Abstract. The article deals with the goal of youth creativity and innovation centers. The necessity and prospects of realization of educational robotics programs.

Keywords: youth center of creativity and innovation, educational robotics, innovation, training activities.

В настоящий момент одним из интенсивно развивающихся направлений в образовании является робототехника. Выбранный руководством страны курс на подготовку инженерных кадров требует введения робототехники в образовательных организациях. В мировой системе образования робототехника фигурирует уже более 15 лет. Активность российских школьников в робототехническом творчестве существенно возросла лишь в последние 8–9 лет.

Образовательная робототехника позволяет вовлечь учащихся в техническое творчество, обеспечивает раннюю профессиональную ориентацию в системе общего образования. Многие школы в Российской Федерации вводят образовательную робототехнику в начальной школе, определяют одним из ведущих направлений во внеурочной деятельности. Однако учащиеся, занимающиеся робототехникой по традиционным программам до 7 класса, часто не имеют представления, например, об элементарных законах физики, при этом они познают и понимают их интуитивно [1].

Образовательная робототехника в Центре молодежного инновационного творчества «Мир-3D» (ЦМИТ«Мир-3D») представлена двумя общеобразовательными STEM программами – «Увлекательная робототехника» для учащихся от 7 до 12 лет, «Продвинутая робототехника» для учащихся от 10 до 15 лет и

* Работа выполнена в рамках проекта «Обучение тьюторов ЦМИТ организации проектной деятельности учащихся и студентов в области 3D моделирования и робототехники», реализуемого при поддержке Фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере (программа поддержки центров молодежного инновационного творчества (III очередь)).

программой повышения квалификации «Теория и методика образовательной робототехники» для студентов педагогических вузов, учителей, тьюторов, педагогов дополнительного образования [2]. Аббревиатура STEM расшифровывается как Science, Technology, Engineering, Art и Mathematics. В переводе с английского – это естественные науки, технология, инженерное искусство, творчество, математика. Заметим, что данные дисциплины становятся самыми востребованными в современном мире. Именно поэтому сегодня система STEAM развивается, как один из основных трендов. STEAM-образование основано на применении междисциплинарного и прикладного подхода, а также на интеграции всех пяти дисциплин в единую схему обучения.

STEAM – одно из направлений реализации проектной и учебно-исследовательской деятельности в школе и в системе дополнительного образования. Здесь учебный план основан на идее обучения учеников с применением междисциплинарного и прикладного подхода. Помимо связи предметов с реальной жизнью, этот подход открывает возможность для творчества учащихся. С помощью подобных заданий ребенок не просто генерирует интересные идеи, но и сразу воплощает их в жизнь. При этом он учится планировать свою деятельность, исходя из поставленной задачи и имеющихся ресурсов.

Особенностью STEAM-программ является парное обучение в небольших группах. Обучение робототехнике в ЦМИТ «Мир-3D» проходят в группах до 6 человек. Некоторые проекты предполагают работу двух учеников над одним роботом. Такой подход предполагает *обучение детей сотрудничеству*, помогая детям учиться работать в команде, развивать навыки общения, работы в группе.

Применение робототехнических комплектов является основой для проведения занятий, базой для исследовательской деятельности учащихся. В настоящее время существует довольно много разнообразных робототехнических комплектов. Обучение по первой программе построено на базе комплектов LEGO Education Wedo (начальный уровень) и LEGO MINDSTORMS Education EV3.

Набор EV3 состоит из контроллера, двух больших моторов и одного среднего, датчика цвета, инфракрасного датчика, датчика касания, ультразвукового датчика, гироскопа. Конструктор включает в свой набор стандартную программную среду для программирования с аналогичным названием EV3. Данная программная среда разработана компанией National Instruments специально для Lego, основана на языке LabView и представляет собой простой графический язык программирования с интуитивно понятным интерфейсом, рассчитанным на учащихся средней школы. Программа, написанная на EV3, представляется графическими блоками, последовательно соединенными друг с другом. Блоки действия задают поведение моторов, экрана, звука. Блоки-операторы включают в себя: начало, ожидание, цикл, условие, прерывание цикла. С помощью блоков датчиков снимаются данные с кнопок управления контроллера и датчиков. Блоки данных содержат действия над переменными, массивами, математическими и логическими операциями, текстом и т.п. Расширенные блоки предоставляют возможность работать с файлами, беспроводным подключением, необработанными данными. Также существует возможность создавать свои блоки – аналог процедур и функций в структурных языках программирования. Кроме того, у EV3 существуют комплекты разработчика для продвинутого программирования аппаратного обеспечения и работы с его исходным кодом.

Альтернативой стандартному программному обеспечению EV3 является LabView модуль для Lego Mindstorms. LabView – платформа для выполнения программ и среда графического языка программирования. При установке вышеназванного модуля в LabView появляются блоки для программирования робота EV3, также в нем есть собственная «прошивка» для микроконтроллера EV3, позволяющая расширить возможности программы. Среда LabView для LEGO ориентирована на создание больших и сложных исследовательских проектов, которые могут выполнять учащиеся старших классов или студенты вузов. LabView – гибкая система с возможностью подключения различных модулей для работы со сторонними приложениями, датчиками, роботами, аппаратным обеспечением и механизмами. А это, в свою очередь, открывает неограниченный простор для проектирования и конструирования роботов, а также организации научно-исследовательской деятельности обучающихся.

Отметим, что язык программирования EV3 идеально подходит для учащихся основной и средней школы в целях освоения программирования легоконструкторов [3]. После изучения основных понятий и приобретения навыков графического программирования LEGO-конструкторов, в старших классах рекомендуется начинать изучать среду разработки LabView, так как в ней можно создавать достаточно сложные и серьезные проекты. Кроме того, на LabView можно программировать практически любую робототехнику, не отвлекаясь на переобучение, что способствует более эффективной подготовке инженерных кадров без резкой смены сложности и функциональности инструмента программной разработки.

Обучение по программе «Продвинутая робототехника» построено на базе образовательного робототехнического модуля «Технолаб. Исследовательский уровень», который содержит программное обеспечение для настройки, калибровки и управления универсальным модулем на базе CMOS камеры, инструкции, методические рекомендации, рабочие материалы в цифровом формате для удобства проведения учебного процесса, инструкции по управлению подвижными моделями роботов с помощью мультимедийных устройств на базе ОС Android посредством канала связи на базе интерфейса Bluetooth.

Основными этапами разработки проекта являются: обозначение темы проекта; определение целей и задач представляемого проекта; разработка механизмов на основе конструктора LEGO; составление программы для работы механизма в среде LEGO Mindstorms. Тестирование модели, устранение неисправностей. При разработке и отладке проектов учащиеся делятся опытом друг с другом, что эффективно влияет на развитие познавательных, творческих навыков, а также самостоятельности.

Наборы ориентированы на изучение основных физических принципов и базовых технических решений, лежащих в основе всех современных конструкций и устройств.

Помимо усвоения знаний из ключевых предметных областей, программы дополнительного образования ЦМИТ «Мир-3D» позволяют развить у ребенка так необходимые в современных условиях навыки критического и творческого мышления, коммуникативные и социальные навыки, уверенность в себе, умение работать в команде и вести научную деятельность. Содержание программ направлено на формирование инженерного мышления, развитие мотивации личности к познанию и творчеству, обеспечение эмоционального благополучия ребенка, приобщение учащихся к общечеловеческим ценностям и знаниям.

STEAM-образование и научно-техническое творчество детей и молодежи становится сегодня приоритетным в странах, где развивают высокотехнологичное производство. Острую необходимость в научно-инженерных кадрах осознает как государство, ориентированное на технологический прогресс и рост инновационной экономики, так и IT-компании, испытывающие «кадровый голод».

Особенностью обучения робототехнике по STEM программам является то, что построение роботов позволяет учащимся устанавливать взаимосвязь между различными областями знаний, находить практическое применение модели, и это способствует реализации межпредметных связей информатики, математики, физики, черчения, естественных наук с развитием инженерного мышления через техническое творчество.

Список использованных источников

1. Вознесенская, Н. В. Популяризация научно-технического творчества посредством организации конкурсов по робототехнике / Н. В. Вознесенская, Н. Н. Хвастунов // Учебный эксперимент в образовании. − 2015. −№ 4. − С. 24–34.

2. Вознесенская, Н. В. Перспективы развития образовательной робототехники в центре молодежного инновационного творчества «МИР 3D» / Н. В. Вознесенская, А. Ф. Базаркин // Учебный эксперимент в образовании. − 2016. −№ 2. − С. 33–40.

3. Кормилицына, Т. В. Обучение программированию с применением Lego-конструкторов / Т. В. Кормилицына, Ю. О. Слепцова // Молодежный научный форум: технические и математические науки. − 2017. − № 1 (41). − С. 253−257.

References

1.Voznesenskaya N.V., Hvastunov N.N. Populjarizacija nauchno-tehnicheskogo tvorchestva posredstvom organizacii konkursov po robototehnike [Popularization of scientific-technical creativity by organizing competitions on robotics]. Uchebnyi experiment v obrazovanii = Educational experiment in education. 2015, 4, 24–34.

2.Voznesenskaja N.V., Bazarkin A.F. Perspektivy razvitija obrazovatel'noj robototehniki v centre molodezhnogo innovacionnogo tvorchestva «MIR 3D [Prospects for the development of educational robotics in the youth innovation creativity centre "the WORLD of 3D]. Uchebnyi experiment v obrazovanii = Educational experiment in education. 2016, 2, 34–40.

3. Kormilitsyna T.V., Slepcova Ju.O. Obuchenie programmirovaniju s primeneniem Lego-konstruktorov [Learning programming using Lego designers]. Molodezhnyj nauchnyj forum: tehnicheskie i matematicheskie nauki = Youth science forum: technical and mathematical science. 2017, 1 (41), 253−257.

Поступила 08.09.17 г.

УДК 51(045)
ББК 22.1р

Кочетова Ирина Викторовна
кандидат педагогических наук
кафедра математики и методики обучения математике
ФГБОУ ВО «Мордовский государственный педагогический институт
имени М. Е. Евсевьева», г. Саранск, Россия
ir_vi_kochetova@mail.ru

ОСОБЕННОСТИ ПРЕПОДАВАНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКИХ ДИСЦИПЛИН ИНОСТРАННЫМ СТУДЕНТАМ В ВУЗЕ

Аннотация. В статье анализируются актуальные проблемы преподавания математических дисциплин иностранным студентам в российских вузах. Рассмотрены особенности организации процесса обучения на примере Мордовского педагогического института. Представлены перспективы обучения математике иностранцев.

Ключевые слова: Обучение математике, иностранные студенты, вуз.

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

PECULIARITIES OF TEACHING MATHEMATICAL DISCIPLINES TO FOREIGN STUDENTS IN THE UNIVERSITY

Abstract. The article analyzes the actual problems of teaching mathematical disciplines to foreign students in Russian universities. The features of the organization of the learning process are considered on the example of Mordov Pedagogical Institute. The prospects of teaching mathematics to foreigners are presented.

Keywords: Teaching mathematics, foreign students, university.

В последнее десятилетие наблюдается тенденция к увеличению доли иностранных студентов в российских вузах. К причинам сложившейся ситуации можно отнести международные интеграционные процессы в экономике и политике.

Кроме того, вузы в ряде иностранных государств не всегда в состоянии дать соответствующее образование всем желающим (чаще всего, из-за ограниченного количества мест и большого числа абитуриентов). Поэтому определенная часть молодежи рассматривает получение образования за рубежом как один из важнейших приоритетов.

С другой стороны, традиционно высокий уровень преподавания (особенно, дисциплин естественно-математического профиля) в высших учебных заведениях России, востребованность и конвертируемость их дипломов, а также сравнительно невысокая стоимость обучения делают их весьма привлекательными для потенциальных студентов.

Мордовский государственный педагогический институт имени М. Е. Евсевьева не стал исключением и в настоящее время занимает определенную позицию в списке российский вузов по числу иностранных студентов, доля которых за последнее время увеличилась в десятки раз. В частности, на физико-математический факультет МГПИ им. М. Е. Евсевьева впервые иностранец поступил в 2011 году. Единственный студент из Туркменистана обучался на профиле Информатика.Математика. В 2017–2018 учебном году на всех профилях подготовки на факультете обучаются 50 иностранных студентов. Большинство составляют студенты из Туркменистана.

Анализ опыта российских вузов в данном направлении позволяет говорить о том, что в нашей стране наиболее распространенными являются две модели обучения студентов-иностранцев.

1) двухступенчатая (включающая вспомогательный одногодичный курс для изучения языка преподавания). В этом случае начальное обучение осуществляется на подготовительном отделении (факультете) вуза, где иностранные учащиеся изучают русский язык и курсы, содержание которых направлено на повторение общеобразовательных предметов в соответствии с профилем их будущей специальности.

2) одноступенчатая (используемая для обучения студентов из некоторых бывших союзных республик) [1]. Данная модель характеризуется тем, что студенты-иностранцы с первого года обучаются по основным образовательным программам, параллельно изучая и совершенствуя язык на начальном этапе обучения.

Двухступенчатая модель реализуется в Томском политехническом университете, Московском государственном техническом университете имени Н. Э. Баумана и других вузах [3; 4; 5].

Мордовский государственный педагогический институт имени М. Е. Евсевьева является одним из примеров одноступенчатой модели обучения иностранных студентов.

Остановимся подробнее и опишем проблемы преподавания математических дисциплин иностранцам на физико-математическом факультете МГПИ им. М. Е. Евсевьева. В настоящее время студенты из Туркменистана обучаются на всех профилях подготовки (Математика, Информатика, Физика, Менеджмент организации). Учебные планы данных профилей, как и многих других, реализуемых в институте, предполагают изучение математических дисциплин в большей или меньшей степени.

Некоторые трудности, возникающие на начальном этапе обучения, связаны с языковыми различиями. А именно, профессиональная подготовка студентам-иностранцам осуществляется на иностранном для них (русском) языке. Однако язык математики универсален и как нельзя лучше подходит для национального общения. Используя знакомые выражения, символы, формулы, способы решения, студенты легче и быстрее осваивают и запоминают новые слова, термины, способы построения фраз на русском языке. И хотя на начальном этапе преподаватель произносит много новых и незнакомых слов, студенты могут понять общий смысл, о чем идет речь, зная язык математики.

Когда преподаватель говорит: «найдите сумму двух чисел…» и записывает выражение «10+3=…» студенты, даже не зная названия операции на русском языке, понимают ее действие и соотносят операцию, которую выполнили, с операцией сложения.

Общий вид квадратного уравнения одинаков на всех языках мира, как одинакова и запись дискриминанта или формулы корней этого уравнения. Символы математической логики и теории множеств (символы равенства, эквивалентности, следствия, конъюнкции, дизъюнкции, объединения, пересечения, кванторы всеобщности и существования) являются интернациональными, имеют одинаковый смысл в любом научном языке и будут правильно поняты человеком, который раньше изучал математику.

Тем не менее, преподавателю математики приходится объяснять не только значение математических терминов, специфических оборотов речи, но и заботиться о пополнении активного словарного запаса студентов и овладении ими основных грамматических конструкций русского языка [2].

Преподавателям математики, ведущим занятия у иностранных студентов, кроме языкового барьера необходимо учитывать степень их базовой математической подготовки, различия в знаниях, умениях и навыках в сравнении с российскими студентами, а также фактор постепенного овладения математическими компетенциями на русском языке, а также особенности воспитания и менталитета. Здесь могут оказаться полезными экскурсы в историю математики, физики, информатики [5–7].

В свою очередь студенты-иностранцы сталкиваются с проблемой социальной адаптации, необходимостью изучения русского языка параллельно с получением профессиональных навыков, бытовыми, коммуникативными, учебно-познавательными проблемами, к которым относятся различия в системах образования и организации учебного процесса.

Очевидно, что имеется дисбаланс между потребностью в качественной математической подготовке иностранных студентов, обучающихся на русском языке, и недостаточной разработанностью существующих методик обучения иностранцев [3].

Решение ряда указанных проблем видится в разработке программ дополнительного образования для иностранных студентов. Важно отметить, что помимо программ, нацеленных на поддержку основных математических дисциплин учебного плана, необходимо разработать программы с интегрированным содержанием, включающие основы истории и культуры российского государства.

Одна из ключевых задач преподавателей математических дисциплин для иностранцев – овладение студентами русскоязычной математической терминологией, умением формулировать математические предложения (определения, теоремы), правильно их записывать на русском языке.

Данный факт свидетельствует о необходимости специального методического сопровождения курсов математических дисциплин, преподаваемых в группах с иностранными студентами. Причем, методические рекомендации к учебным занятиям и учебные пособия должны быть максимально структурированными.

Кроме этого, необходимо сочетание различных средств и форм обучения, активное использование интерактивных технологий в учебном процессе. Это будет способствовать более полному усвоению студентами профессиональных навыков на русском языке с одной стороны, и оптимизации отбора учебного материала, улучшению способов подачи информации, а также эффективности анализа преподавателем степени усвоения изученного материала учащимися с другой.

Список использованных источников

1. Петров, А. М. Особенности преподавания и методического обеспечения математических дисциплин для иностранных студентов первого года обучения [Электронный ресурс] / А. М. Петров, О. Д. Пташный. – Электрон. журн. – Режим доступа: www.rusnauka.com/35_OINBG_2012/Pedagogica/2_121704.doc.htm.

2. Фетисова, Е. В. Методика довузовского обучения математике иностранных студентов, обучающихся на русском языке (медико-биологический профиль) : автореф. дис. ... канд. пед. наук : 13.00.02 / Евгения Владимировна Фетисова; науч. руководитель В. П. Добрица. – М., 2014. – 24 с.

3. Шишкина, С. И. Особенности преподавания математики иностранным студентам / С. И. Шишкина, И. И. Блудова // Гуманитарный вестник. – 2015. – Вып. 12. – Режим доступа: http://hmbul.ru/catalog/edu/pedagog/325.html.

4. Костылева, Н. В. Цели и задачи обучения математике студентов-иностранцев на этапе предвузовской подготовки [Электронный ресурс] / Н. В. Костылева. – Режим доступа: www.tstu.ru/book/elib/pdf/sborniki/2012/sbornik2_3.doc.

5. Рахимов, Т. Р. Особенности организации обучения иностранных студентов в российском вузе и направление его развития [Электронный ресурс] / Т. Р. Рахимов. – Режим доступа: sun.tsu.ru/mminfo/000349304/12/image/12-123.pdf.

6. Кормилицына, Т. В. Исторический экскурс в российскую информатику как инструмент формирования компетенций бакалавров / Т. В. Кормилицына, М. Ф. Тарасова // Учебный эксперимент в образовании. – 2015. – № 4 (76). – С. 39–43.

7. Кормилицына, Т. В. Организация интерактивных занятий по информатике с включением элементов историзма / Т. В. Кормилицына // Учебный эксперимент в образовании. – 2013. – № 1. – С. 58–62.

References

1. Petrov A.M. Features of teaching and methodological support of mathematical disciplines for foreign students of the first year of study [Electronic resource] URL: www.rusnauka.com/35_OINBG_2012/Pedagogica/2_121704.doc.htm.

2. Fetisova E. V. The method of pre-university teaching of mathematics for foreign students studying in Russian (medical and biological profile): thesis. dis. ... cand. ped. Sciences: 13.00.02. Moscow, 2014, 24 p.

3. Shishkina S.I., Bludova I.I. Features of the teaching of mathematics to foreign students. [Electronic resource] The humanitarian bulletin, 2015. URL: http://hmbul.ru/catalog/edu/pedagog/325.html.

4. Kostyleva N.V. Celili and the tasks of teaching foreign students to the mathematics at the stage of pre-university training [Electronic resource] URL: www.tstu.ru/book/elib/pdf/sborniki/2012 /sbornik2_3.doc.

5. Rakhimov T.P. Features of the organization of training of foreign students in the Russian university and the direction of its development [Electronic resource] URL: sun.tsu.ru/mminfo/000349304/12/image/12-123.pdf.

6. Kormilitsyna T.V., Tarasova M.F. History of Russian computer science as a tool of formation of competences of bachelors. Uchebnyj experiment v obrazovani, 2015, 4 (76), 39–43.
7. Kormilitsyna T.V. Organization of interactive lessons in computer science, elements of historicism. Uchebnyj experiment v obrazovanii, 2013, 1, 58–62.

Поступила 12.08.17 г.

УДК 37.016:514 (045)
ББК 22.151 р

Дербеденева Наталья Николаевна
кандидат педагогических наук, доцент
кафедра математики и методики обучения математике
ФГБОУ ВО «Мордовский государственный педагогический институт
имени М.Е. Евсевьева», г. Саранск, Россия
nnderbedeneva@mail.ru

Елисеева Виктория Сергеевна
учитель математики
МОУ «Лицей № 7», г. Саранск, Россия
sky-95@list.ru

МНОГОВАРИАНТНЫЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ЗАДАЧИ КАК СРЕДСТВО ФОРМИРОВАНИЯ ПОЗНАВАТЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ УЧАЩИХСЯ ОСНОВНОЙ ШКОЛЫ

Аннотация. В статье рассматриваются возможности применения геометрических задач с неоднозначным условием в процессе формирования познавательной активности учащихся основной школы.

Ключевые слова: познавательная активность, геометрические задачи, многовариантные задачи, задачи с неоднозначным условием.

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

Eliseeva Victoria Sergeevna
teacher of mathematics,
MOU «high school № 7», Saransk, Russia

MULTIVARIATE GEOMETRIC TASKS AS A MEANS OF FORMING COGNITIVE EFFECTIVENESS OF SECONDARY SCHOOL STUDENTS

Abstract. The article considers possibilities of application of geometry tasks with ambiguous condition in the process of formation of cognitive activity of students of secondary school.

Keywords: cognitive activity, geometric tasks, repetitive tasks, tasks with ambiguous condition.

В современных условиях общеобразовательная школа призвана решать целый комплекс важнейших задач, ведущее место среди которых занимает повышение познавательной активности учащихся, как важный фактор успешности обучения и воспитания. Поэтому активизация познавательной деятельности у учащихся относится к числу наиболее актуальных проблем теории и методологии обучения и требует новых подходов к дальнейшему совершенствованию форм и методов.

Обращаясь к анализу психолого-педагогической и учебно-методической литературы, можно отметить, что проблема формирования познавательной активности учеников занимает важное место в научных исследованиях и принадлежит к числу приоритетных и актуальных вопросов современной педагогической науки и практики.

Исследователями освещены различные аспекты проблемы формирования и развития познавательной активности: сущность исследуемого понятия (К. А. Абульханова-Славская, Л. П. Аристова, М. И. Махмутов, Г. И. Щукина и др.), структура и компонентный состав познавательной активности (Л. С. Кулыгина, Т. И. Шамова и др.), условия возникновения и динамика познавательной активности (А. М. Матюшкин и др.), уровни сформированности познавательной активности (Л. П. Аристова, Л. А. Иванова, Л. С. Кулыгина и др.), процесс формирования и развития познавательной активности учащихся (М. А. Данилов, М. И. Махмутов, А. М. Матюшкин и др.), психологический аспект формирования и развития познавательной активности (С. Л. Рубинштейн, А. Н. Леонтьев, Н. Ф. Талызина и др.).

С различных позиций познавательная активность рассматривается и как проявление потребности жизненных сил человека, поэтому ее можно считать предпосылкой и результатом развития личности, и как способность человека к сознательной трудовой и социальной деятельности, и как черта личности, которая находит проявление в отношении к познавательной деятельности.

Но наиболее важной в этом случае выступает необходимость поиска эффективных способов стимулирования и повышения познавательной активности учащихся в рамках образовательного процесса.

В качестве условий для формирования компонентов познавательной активности учащихся на уроках математики предлагается, в-первую очередь, тщательный отбор содержания учебного материала, раскрытие практичной значимости знаний, создание ситуаций достижения успеха, обеспечение уровневой дифференциации, включение в учебный процесс элементов занимательности, использование современных информационно-коммуникационных технологий обучения и др. [4].

Перечисленные условия определяют приемы активизации познавательной деятельности, к которым следует отнести различные методы обучения:

– метод проблемного обучения, предполагающий создание проблемных ситуаций, направляющих деятельность учеников на максимальное овладение изучаемым материалом и повышение мотивации обучения;

– метод алгоритмизированного обучения, согласно которому ученики самостоятельно составляют алгоритм решения проблемы;

– метод эвристического обучения, основной целью которого является поиск и сопровождение способов и правил, по которым ученики приходят к открытию определенных законов;

– метод исследовательского обучения, в рамках которого предполагается рассмотрение правил правдоподобных истинных результатов с последующей их проверкой, отыскание границ их применения;

– метод дискуссий – учитель должен добиться того, чтобы учащиеся могли свободно, не боясь высказывать свое мнение и внимательно слушать мнение других;

– метод самостоятельной работы, направленный на формирование умения анализировать, выделять главное, пользоваться различными источниками информации.

При изучении математических дисциплин в школе, в частности геометрии, особая роль в подготовке учащихся к формированию познавательной активности принадлежит нестандартным задачам, так как именно умение решать такие задачи способствует организации и осуществлению эффективных действий в неопределенных или нестандартных ситуациях [3].

Кроме того, в психолого-педагогической и учебно-методической литературе общепринятым является мнение большинства исследователей, что практика использования в учебном процессе математических задач, предполагающих множественность способов и методов решения, является эффективным педагогическим приемом. Такой прием, во-первых, существенно влияет на мотивационный аспект обучения, т. к. повышает интерес к изучению математики, во-вторых, способствует повышению уровня математических знаний и умений учащихся и в-третьих, плодотворно влияет на развитие их творческих способностей, и в целом формирование познавательной активности.

Так, решая нестандартные геометрические задачи, учащиеся вынуждены обращаться к большому объему теоретических знаний и навыков решения задач различных видов, что опосредованно вызывает необходимость активизации познавательной деятельности в условиях поиска вариантов решений подобных задач [2].

В практике обучения математике к серии таких задач относятся и планиметрические задачи, содержащие в условии некую неопределенность, которая позволяет трактовать условие задачи неоднозначно. В результате удается построить несколько чертежей, удовлетворяющих условию задачи (поэтому подобные задачи иначе называют многовариантными).

Обычно, в первую очередь при решении геометрической задачи выполняют чертеж, соответствующий условию. Задачи школьного курса в подавляющем большинстве предлагают однозначную геометрическую трактовку: построение чертежа к задаче по исходным данным имеет единственной решение. В результате решение шаблонных задач формирует определенный стереотип, вследствие чего мы получаем неполные решения определенного класса геометрических задач, в которых по заданным условиям нельзя строить одновариантный чертеж.

Как правило, интерес учащихся к геометрическим задачам с неоднозначным условием проявляется в период непосредственной подготовки к итоговой аттестации по математике в выпускном классе. Вместе с тем, ценность подобных задач потенциально заложена еще в основной школе.

Особое внимание к геометрическим задачам с неоднозначным условием активизировалось примерно с 2010 года, когда в контрольно-измерительных материалах итоговой аттестации по математике появились подобные задачи. В отличие от практики единого экзамена предыдущих лет и подавляющего большинства задач школьного учебника эти задачи содержат в условии некоторую неопределенность, которая позволяет трактовать условие неоднозначно.

Анализ содержания школьных учебников по геометрии показывает, что многовариантных задач практически нет, поэтому систематическая работа по обучению решению геометрических задач с неоднозначным условием в реальной практике обучения отсутствует. Поэтому необходимость формирования умения решать многовариантные задачи, учащимся приходиться обращаться к дополнительной литературе, не входящий в обязательный перечень школьных учебников.

Все многообразие планиметрических многовариантных задач условно можно классифицировать следующим образом:

1) *многовариантность задачи как результат неоднозначности в задании взаимного расположения элементов фигуры*, например, задачи на различные случаи расположения точек на прямой, точек вне прямой, выбор обозначений вершин многоугольника, выбор некоторого элемента фигуры, выбор плоской фигуры и др.;

2) *многовариантность задачи как результат неоднозначности в задании взаимного расположения фигур*, например, задачи на взаимное расположение прямолинейных фигур и взаимное расположение окружностей (случаи расположения центров окружностей относительно общей касательной, относительно их общей точки касания, относительно общей хорды, относительно хорды большей окружности, расположение точек касания окружности и прямой) и др.

Рассмотрим примеры решения планиметрических задач с неоднозначным условием для случаев многовариантности как результата неоднозначности в задании взаимного расположения элементов одной фигуры и многовариантности как результата неоднозначности в задании взаимного расположения нескольких фигур [1].

Пример 1. Дан параллелограмм $ABCD$. Точка M лежит на диагонали BD и делит ее в отношении 1:2. Найдите площадь параллелограмма $ABCD$, если площадь четырехугольника $ABCM$ равна 60.

Решение. Поскольку в условии задачи не указано, относительно какого из концов отрезка BD он делится точкой M в отношении 1:2, то необходимо рассмотреть два случая (рис. 1) расположения точки M такие, что $BM:MD$ = 1:2 (рис. 1а) и $BM:MD$ = 2:1 (см. рис. 1б). Так как диагональ параллелограмма делит его на два равновеликих треугольника, то $S_{ABC} = S_{BCD} = ½ S_{ABCD}$.

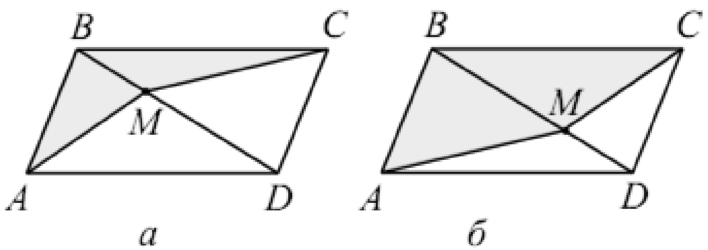


Рис. 1. Случаи расположения точки M относительно отрезка BD

Рассмотрим *случай 1*. Если $BM:MD = 1:2$, то $BM = {}^1/_3\,BD$ и $S_{ABM} = {}^1/_3 S_{ABD} = {}^1/_6 S_{ABCD}$ (треугольники *ABM* и *ABD* имеют общую высоту).

Аналогично $S_{BCM} = {}^1/_3\, S_{BCD} = {}^1/_6\, S_{ABCD}$. Тогда $S_{ABCM} = S_{ABM} + S_{BCM} = {}^1/_3\, S_{ABCD}$. Отсюда $S_{ABCD} = 3{*}S_{ABCM} = 3{*}60 = 180$.

Рассмотрим *случай 2*. Если $BM:MD = 2:1$, то, проводя аналогичные рассуждения, получим $S_{ABCM} = {}^2/_3\, S_{ABCD}$. Отсюда $S_{ABCD} = {}^3/_2\, S_{ABCM} = {}^3/_2 * 60 = 90$.

Ответ: 180 или 90.

Пример 2. Дан параллелограмм ABCD. Биссектрисы его углов A и D делят сторону BC на три равные части. Вычислите стороны параллелограмма, если его периметр равен 40.

Решение. Обозначим точку пересечения биссектрис через *M*, а точки пересечения биссектрис *AM* и *DM* со стороной *BC* через *N* и *K* соответственно. В зависимости от расположения точки *M* относительно прямой *BC* возможны два варианта для чертежа.

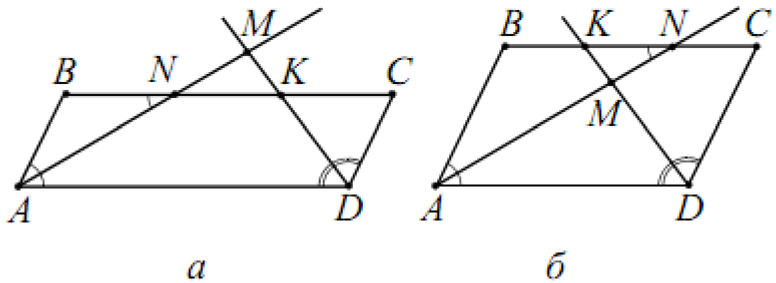


Рис. 2. Случаи расположения точки M относительно прямой BC

Рассмотрим *случай 1*. Пусть точка *M* расположена вне параллелограмма. Так как биссектриса *AM* отсекает от параллелограмма равнобедренный треугольник *ABN* (рис. 1а) то $AB = BN = NK = KC = x$. Периметр параллелограмма равен 40, поэтому из уравнения $2(\ x+3x\ ) = 40$.Находим $x = 5$. Следовательно, $AB = 5$, $BC = 15$.

Рассмотрим *случай 2*. Из уравнения $2(\ 2x + 3x\ ) = 40$ находим $x = 4$, значит $AB = 8$ и $BC = 8 + 4 = 12$.

Ответ: 5; 15 или 8; 12.

Таким образом, в результате проведенных теоретических и экспериментальных исследований можно сделать следующие выводы:

1. В практике обучения недостаточно изучены возможности геометрических задач с неоднозначным условием как фактора, способствующего повыше-

нию познавательной активности учащихся.

2. Умение решать многовариантные задачи позволяет учащимся овладеть конкретными математическими знаниями, необходимыми для применения в практической деятельности, для изучения смежных дисциплин, развития умственных способностей, умения извлекать учебную информацию на основе сопоставительного анализа.

3. Систематическая работа по включению геометрических задач с неоднозначным условием в практику обучения математике учащихся основной школы дает положительные результаты, а именно позволяет:

− усилить мотивационную направленность изучения школьного курса математики;

− сформировать представление и выработать необходимые навыки решения геометрических задач с неоднозначным условием;

− осуществлять планомерную подготовку учащихся к успешному прохождению итоговой аттестации по математике в плане решения геометрических задач, в том числе геометрических задач с неоднозначным условием;

− активизировать познавательную деятельность учащихся и, как следствие, повысить качество их подготовки по математическим дисциплинам в целом и по геометрии в частности.

Список использованных источников

1. Корянов, А. Г. Планиметрические задачи с неоднозначностью в условии (многовариантные задачи) [Электронный ресурс] / А. Г. Корянов, А. А. Прокофьев. – 2013. – Режим доступа : http//www.aleslarin.net.

2. Чернышев, И. А. Проблема развития познавательной активности подростков в учебном процессе / И. А. Чернышев, М. В. Цуканов // Ученые записки : электрон. науч. журн. Курского государственного университета. – 2011. – № 3 (19). – С. 34–47.

3. Кормилицына, Т. В. Виртуальные эксперименты в специализированных математических системах / Т. В. Кормилицына // Учебный эксперимент в образовании. – 2011. – № 2. – С. 33.

4. Ладошкин, М. В. Изучение линейных неравенств и их систем в школьном курсе математики / М. В. Ладошкин, И. С. Фролова // Учебный эксперимент в образовании. – 2016. – № 2(78). –С. 30–33.

References

1. Kuranov A.G., Prokofiev A.A., Kuranov A.G. Planimetric problem with ambiguity in (multiple objectives) [Electronic resource] 2013. Access mode : http//www.aleslarin.net.

2. Chernyshev I.A., Tsukanov M.V. Problem of development of cognitive activity of adolescents in educational process. Scientific notes : the electron. scientific. Sib. Kursk state University, 2011, 3 (19), 34–47.

3. Kormilitsyna T.V. Virtual experiments in specialized mathematical systems. Uchebnyj experiment v obrazovanii, 2011, 2, 33.

4. Ladoshkin M.V., Frolova I.S. Study of linear inequalities and systems in the school course of mathematics. Uchebnyj experiment v obrazovanii, 2016, 2(78), 30–33.

Поступила 12.08.17 г.

УДК 517.9(045)
ББК 22.161.6

Лапин Кирилл Сергеевич
кандидат физико-математических наук, старший преподаватель
кафедра информатики и вычислительной техники
ФГБОУ ВО «Мордовский государственный педагогический институт
имени М. Е. Евсевьева», г. Саранск, Россия
klapin@mail.ru

Пряникова Ольга Васильевна
студентка физико-математического факультета
ФГБОУ ВО «Мордовский государственный педагогический институт
имени М. Е. Евсевьева», г. Саранск, Россия

Анишина Евгения Алексеевна
студентка физико-математического факультета
ФГБОУ ВО «Мордовский государственный педагогический институт
имени М. Е. Евсевьева», г. Саранск, Россия

ОГРАНИЧЕННОСТЬ В ПРЕДЕЛЕ ПО ПУАССОНУ РЕШЕНИЙ СИСТЕМ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ ОТНОСИТЕЛЬНО ЧАСТИ ПЕРЕМЕННЫХ*

Аннотация. В работе введены понятия эквиограниченности по Пуассону по части переменных, равномерной ограниченности по Пуассону по части переменных, эквиограниченности в пределе по Пуассону по части переменных и равномерной ограниченности в пределе по Пуассону по части переменных решений систем дифференциальных уравнений. В терминах функций Ляпунова получены достаточные условия данных видов ограниченности решений. Материалы данной статьи могут быть включены в спецкурс для студентов вузов старших курсов, обучающихся по физико-математическим специальностям.

Ключевые слова: функция Ляпунова, эквиограниченность по Пуассону, равномерная ограниченность по Пуассону, эквиограниченность в пределе по Пуассону, равномерная ограниченность в пределе по Пуассону, часть переменных.

Lapin Kirill Sergeevich
Candidate of Physico-Mathematical Sciences, senior lecturer of
Department of Informatics and Computer Engineering
Mordovian State Pedagogical Institute, Saransk, Russia

Pryanikova Olga Vasilievna
Student of Physico-Mathematical faculty
Mordovian State Pedagogical Institute, Saransk, Russia

Anishina Yevgeniya Alekseevna
Student of Physico-Mathematical faculty
Mordovian State Pedagogical Institute, Saransk, Russia

* Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Президента Российской Федерации № МК-139.2017.1

ULTIMATE POISSON BOUNDEDNESS OF SOLUTIONS OF SYSTEMS OF DIFFERENTIAL EQUATIONS IN PART OF VARIABLES

Abstract. We introduce the notions of Poisson equiboundedness of solutions in part of variables, Poisson uniform boundedness of solutions in part of variables, Poisson equiultimate boundedness of solutions in part of variables, Poisson uniform-ultimate boundedness of solutions in part of variables. By the method of Liapunov functions, we obtain the sufficient conditions for these types of boundedness of solutions. The materials of this paper can be included in a special course for students of higher education institutions studying in physics and mathematics

Keywords: Liapunov function, Poisson equiboundedness, Poisson uniform boundedness, Poisson equiultimate boundedness, Poisson uniform-ultimate boundedness, part of variables.

В монографии Румянцева и Озиранера [1] была развита теория устойчивости по Ляпунову решений систем дифференциальных уравнений относительно части переменных или, как еще говорят, частичной устойчивости решений по Ляпунову. Более того, в [1] также была разработана теория ограниченности решений систем дифференциальных уравнений относительно части переменных или, как еще говорят, частичной ограниченности решений. Как показано в [1], методы теории частичной ограниченности решений и теории частичной устойчивости по Ляпунову положения равновесия очень похожи. Это связано с тем, что понятия частичной ограниченности решений и частичной устойчивости по Ляпунову положения равновесия являются двойственными в смысле перестановки местами кванторов $\forall$ и $\exists$ при ε и δ в соответствующих - определениях.

Указанная двойственность приводит к тому, что с формальной точки зрения теория частичной ограниченности и теория частичной устойчивости по Ляпунову являются параллельными теориями, т.е. имеют большое внешнее сходство. Имеющиеся параллели между теориями частичной ограниченности и частичной устойчивости по Ляпунову позволяют рассмотреть вид частичной ограниченности решений, который в двойственном смысле соответствует понятию частичной устойчивости по Пуассону траектории движения динамической системы [2]. Такой вид частичной ограниченности решений, называемый в этой работе частичной ограниченностью по Пуассону, характеризуются тем, что решение может не содержаться полностью в некотором бесконечном цилиндре фазового пространства, но обладает свойством счетного числа раз возвращаемости в этот цилиндр. Проблема отыскания бесконечной системы временных интервалов, на которых динамическая система функционирует по части переменных, нормально, т. е. часть параметров движений этой динамической системы не принимают сколь угодно больших значений, является очень важной. Поэтому для различных видов частичной ограниченности решений по Пуассону возникает актуальная задача разработки на основе метода функций Ляпунова способов исследований этих видов частичной ограниченности решений.

В настоящей работе введены понятия частичной эквиограниченности решений по Пуассону и частичной эквиограниченности в пределе решений по

Пуассону, которые обобщают соответствующие понятия из обычной теории частичной ограниченности решений. На основе метода функций Ляпунова получены достаточный признак частичной эквиограниченности решений по Пуассону (теорема 1) и достаточный признак частичной эквиограниченности в пределе решений по Пуассону (теорема 2). В работе введены понятия частичной равномерной ограниченности решений по Пуассону и частичной равномерной ограниченности в пределе решений по Пуассону, которые обобщают соответствующие понятия из обычной теории частичной ограниченности решений. На основе метода функций Ляпунова получены достаточный признак частичной равномерной ограниченности решений по Пуассону (теорема 3) и достаточный признак частичной равномерной ограниченности в пределе решений по Пуассону (теорема 4).

Приведены примеры применения полученных результатов к конкретным системам дифференциальных уравнений.

Пусть задана произвольная система дифференциальных уравнений от n переменных (1):

$$\frac{dx}{dt} = F(t,x),\ F(t,x) = \big(F_1(t,x),\dots,F_n(t,x)\big), \tag{1}$$

правая часть которой задана и непрерывна в $\mathbb{R}^+ \times \mathbb{R}^n$, где $\mathbb{R}^+ = \{t \in \mathbb{R} \mid t \geq 0\}$.

Здесь и далее под $\|\cdot\|$ будем понимать обычную евклидову норму. Для решения $x = x(t)$ системы (1), проходящего через точку $(t_0, x_0) \in \mathbb{R}^+ \times \mathbb{R}^n$, будем использовать запись $x = x(t, t_0, x_0)$.

Для любого $t_0 \in \mathbb{R}^+$ будем через $\mathbb{R}^+(t_0)$ обозначать множество $\{t \in \mathbb{R} \mid t \geq t_0\}$.

Любую неотрицательную возрастающую последовательность $\tau = \{\tau_i\}_{i\geq 1}$, $\lim_{i\to+\infty} \tau_i = +\infty$, будем называть $\mathcal{P}-$ последовательностью.

Для каждой $\mathcal{P}-$последовательности $\tau = \{\tau_i\}_{i\geq 1}$ будем через $M(\tau)$ обозначать множество $\bigcup_{i=1}^{\infty}[\tau_{2i-1}; \tau_{2i}]$.

Для произвольной функции $V(t,x)$ будем обозначать через $V'^{+}_{F(t,x)}(t,x)$ следующий предел:

$$V'^{+}_{F(t,x)}(t,x) = \lim_{\alpha\to+0}\left(sup_{h\in(0;\alpha]}\frac{V(t+h, x+F(t,x)h) - V(t,x)}{h}\right).$$

Этот предел называется верхней производной Дини функции $V(t,x)$ в силу системы (1) [3]. Отметим, что если функция $V(t,x)$ имеет непрерывные частные производные по переменным t и x, то $V'^{+}_{F(t,x)}(t,x)$ совпадает с обычной производной функции $\dot{V}(t,x)$ функции $V(t,x)$ в силу системы (1).

Будем обозначать через $a(r), a(t,r), b(r)$ и $c(r)$ следующие функции:

1) $a(r) \geq 0 -$ возрастающая функция;

2) $a(t,r) \geq 0$ − возрастающая по r функция при каждом фиксированном t;

3) $b(r) \geq 0$ − неубывающая функция и $b(r) \to \infty$ при $r \to \infty$;

4) $c(r)$ − непрерывная функция, которая положительна при $r > 0$.

Для каждого $x = (x_1, \dots, x_n) \in \mathbb{R}^n, n \geq 2$ и любого фиксированного числа $1 \leq k \leq n$ будем использовать обозначение $y = (x_1, \dots, x_k) \in \mathbb{R}^k$.

О решениях системы (1) говорят, что они эквиограничены относительно переменных $y = (x_1, \dots, x_k)$ или, y-эквиограничены, если для любых $t_0 \geq 0$ и $\alpha \geq 0$ существует такое число $\beta > 0$, что для каждого решения $x(t, t_0, x_0)$ системы (1), где $\|x_0\| \leq \alpha$, выполнено условие $\|y(t, t_0, x_0)\| < \beta$ при всех $t \in \mathbb{R}^+(t_0)$ [1].

Введём понятие y-эквиограниченности по Пуассону решений по Пуассону, обобщающее понятие y-эквиограниченности решений.

Определение 1. Будем говорить, что решения системы (1) y-эквиограничены по Пуассону, если для этой системы найдется такая $\mathcal{P}-$ последовательность $\tau = \{\tau_i\}_{i \geq 1}$ и для любых $t_0 \in M(\tau)$ и $\alpha \geq 0$ существует такое число $\beta > 0$, что для каждого решения $x(t, t_0, x_0)$ системы (1), где $\|x_0\| \leq \alpha$, выполнено условие $\|y(t, t_0, x_0)\| < \beta$ при всех $t \in \mathbb{R}^+(t_0) \cap M(\tau)$.

Легко видеть, что если решения системы (1) y-эквиограничены, то они y-эквиограничены и по Пуассону.

Теорема 1. Пусть для системы (1) существует такая $\mathcal{P}$ −последовательность $\tau = \{\tau_i\}_{i \geq 1}$ и такая функция $V(t,x) \geq 0$, заданная на $\mathbb{R}^+(\tau_1) \times \mathbb{R}^n$, что выполнены следующие условия:

1) $b(\|y\|) \leq V(t,x) \leq a(t, \|x\|)$ для всех $(t,x) \in M(\tau) \times \mathbb{R}^n$

2) $V'^{+}_{F(t,x)}(t,x) \leq 0$ для всех $(t,x) \in \mathbb{R}^+(\tau_1) \times \mathbb{R}^n$

Тогда решения системы (1) y-эквиограничены по Пуассону.

Доказательство. Требуется доказать, что для любых $t_0 \in M(\tau)$ и $\alpha \geq 0$ существует такое $\beta = \beta(t_0, \alpha)$, что для каждого решения $x(t, t_0, x_0)$ системы (1) , где $\|x_0\| \leq \alpha$ выполнено условие $\|y(t, t_0, x_0)\| < \beta$ при всех $t \in \mathbb{R}^+(t_0) \cap M(\tau)$. Используя условие 1) теоремы, получаем, что для любого решения $x = x(t, t_0, x_0)$ системы (1) имеет место неравенство $b(\|y(t, t_0, x_0)\|) \leq V(t, x(t, t_0, x_0))$ при всех $t \in \mathbb{R}^+(t_0) \cap M(\tau)$.

Из условия 2) теоремы следует, что для любого решения $x = x(t, t_0, x_0)$ системы (1) функция $V(t, x(t, t_0, x_0)$ от переменной t является невозрастающей. Из этого получаем неравенство $V(t, x(t, t_0, x_0) \leq V(t_0, x_0)$ при всех $t \in \mathbb{R}^+(t_0) \cap M(\tau)$.

Так как функция $a(t,r)$ возрастающая при каждом фиксированном t, то при $\|x_0\| \leq \alpha$ имеем $V(t_0, x_0) \leq a(t_0, \|x_0\|) \leq a(t_0, \alpha)$ и, следовательно, для всех $t \in \mathbb{R}^+(t_0) \cap M(\tau)$ получаем:

$$b(\|y(t, t_0, x_0)\|) \leq V(t, x(t, t_0, x_0)) \leq V(t_0, x_0) \leq a(t_0, \alpha).$$

Используя условие $b(r) \to \infty$ при $r \to \infty$, выберем такое число $\beta > 0$, зависящее от t_0 и α, что $a(t_0, \alpha) < b(\beta)$. Из этого получаем $b(\|y(t, t_0, x_0)\|) \leq b(\beta)$ при всех $t \in \mathbb{R}^+(t_0) \cap M(\tau)$. Так как функция $b(r)$ невозрастающая, то из последнего неравенства имеем $\|y(t,t_0,x_0)\| < \beta$ для всех $t \in \mathbb{R}^+(t_0) \cap M(\tau)$. Таким образом, показано, что решения системы (1) y-эквиограничены по Пуассону. Теорема доказана.

О решениях системы (1) говорят, то они y-эквиограничены в пределе, если для системы (1) найдётся такое число $B > 0$, что для любых $t_0 \geq 0$ и $\alpha \geq 0$ существует такое число $T \geq 0$, что для любого решения $x = x(t,t_0,x_0)$ системы (1), где $\|x_0\| \leq \alpha$, выполнено условие $\|y(t,t_0,x_0)\| < B$ при всех $t \in \mathbb{R}^+(t_0 + T)$ [4] .

Введем понятие y-эквиограниченности в пределе по Пуассону решений, обобщающее понятие y-эквиограниченности в пределе решений.

Определение 2. Будем говорить, что решения системы (1) y-эквиограничены в пределе по Пуассону, если для системы (1) найдутся такое число $B > 0$ и такая $\mathcal{P}$ −последовательность $\tau = \{\tau_i\}_{i\geq 1}$, и для любых $t_0 \in M(\tau)$ и $\alpha \geq 0$ существует такое число $T \geq 0$, что для каждого решения $x(t,t_0,x_0)$ системы (1), где $\|x_0\| \leq \alpha$, выполнено условие $\|y(t,t_0,x_0)\| < B$ при всех $t \in \mathbb{R}^+(t_0 + T) \cap M(\tau)$.

Легко видеть, что если решения системы (1) y-эквиограничены в пределе, то они и y-эквиограничены в пределе и по Пуассону.

Теорема 2. Пусть для системы (1) существует такая $\mathcal{P}$ −последовательность $\tau = \{\tau_i\}_{i\geq 1}$ и такая функция $V(t,x) \geq 0$, заданная на $\mathbb{R}^+(\tau_1) \times \mathbb{R}^n$, что выполнены следующие условия:

1) $b(\|y\|) \leq V(t,x) \leq a(t,\|x\|)$ для всех $(t,x) \in M(\tau) \times \mathbb{R}^n$

2) $V'^{+}_{F(t,x)}(t,x) \leq -c(\|y\|)$ для всех $(t,x) \in \mathbb{R}^+(\tau_1) \times \mathbb{R}^n$

3) существуют такие числа $R > 0$ и $\chi > 0$, что для всех $0 \leq r \leq R$ и $t \in M(\tau)$ имеет место равенство $a(t,r) \leq \chi$. Тогда решения системы (1) y-эквиограничены в пределе по Пуассону.

Доказательство. Требуется найти для (1) такое число $B > 0$ и для любых $t_0 \in M(\tau)$ и $\alpha \geq 0$ указать такое число $T = T(t_0,\alpha) \geq 0$, что для любого решения $x = x(t,t_0,x_0)$ системы (1), где $\|x_0\| \leq \alpha$, будет выполнено условие $\|y(t,t_0,x_0)\| < B$ при всех $t \in \mathbb{R}^+(t_0 + T) \cap M(\tau)$.

Рассмотрим сначала случаи, когда $\|x_0\| \leq \alpha \leq R$ или $\|x_0\| \leq R \leq \alpha$. Проводя для этих случаев рассуждения, аналогичные тем, что были проведены в доказательстве теоремы 1, получим $b(\|y(t,t_0,x_0)\|) \leq a(t_0,\|x_0\|)$ при всех $t \in \mathbb{R}^+(t_0) \cap M(\tau)$. Из этого, пользуясь условием 3), получаем для всех $t \in \mathbb{R}^+(t_0) \cap M(\tau)$ неравенство $b(\|y(t,t_0,x_0)\|) \leq \chi$.

Теперь выберем такое число $B > 0$, что $\chi < b(B)$. Из этого получаем $b(\|y(t,t_0,x_0)\|) < b(B)$ при $t \in \mathbb{R}^+(t_0) \cap M(\tau)$.

Так как функция $b(r)$ невозрастающая, то из последнего неравенства имеем $\|y(t,t_0,x_0)\| < B$ для всех $t \in \mathbb{R}^+(t_0) \cap M(\tau)$.

Таким образом, в случаях, когда $\|x_0\| \leq \alpha \leq R$ или $\|x_0\| \leq R \leq \alpha$, в качестве искомых чисел $B > 0$ и $T = T(t_0,\alpha) \geq 0$ можно взять, соответственно, число $B > 0$ и число $T = 0$. Отметим, что проведённые выше рассуждения на самом деле говорят о том, что для любого решения $x = x(t,t_0,x_0)$ системы (1), где $t_0 \in M(\tau)$ и $\|x_0\| \leq R$, справедливо неравенство $\|y(t, t_0, x_0)\| < B$ для всех $t \in \mathbb{R}^+(t_0) \cap M(\tau)$.

Рассмотрим случай, когда $R < \|x_0\| \leq \alpha$. Покажем, что в этом случае существует число $T = T(t_0, \alpha) \geq 0$, для которого при всех $t \in \mathbb{R}^+(t_0 + T) \cap M(\tau)$ справедливо неравенство $\|y(t, t_0, x_0)\| < B$, где $B > 0$ − ранее выбранное число. Из теоремы 1 и условий 1) и 2) следует, что решения системы (1) y-эквиограничены по Пуассону. Поэтому для любых $t_0 \in M(\tau)$ и $\alpha > R$ имеется такое число $\beta > 0$, что для любого решения $x = x(t, t_0, x_0)$ системы (1), где $R < \|x_0\| \leq \alpha$, при всех $t \in \mathbb{R}^+(t_0) \cap M(\tau)$ выполнено условие $\|y(t, t_0, x_0)\| < \beta$.

Для существования указанного выше числа $T = T(t_0, \alpha) \geq 0$ покажем, что для любого решения $x = x(t, t_0, x_0)$ системы (1), где $t_0 \in M(\tau)$ и $R < \|x_0\| \leq \alpha$, всегда найдётся такое $t' \in M(\tau)$, $t' > t_0$, что $\|y(t', t_0, x_0)\| \leq R$. Предположим от противного, что для любого $t \in \mathbb{R}^+(t_0) \cap M(\tau)$ выполнено условие $\|y(t', t_0, x_0)\| > R$. Тогда имеем двойное неравенство $R < \|y(t, t_0, x_0)\| < \beta$ при всех $t \in \mathbb{R}^+(t_0) \cap M(\tau)$. Из условия 2) доказываемой теоремы получаем, что для числа:

$$\lambda = \min_{R \leq r \leq \beta} \mathrm{c}(r) > 0$$

справедливо неравенство $V'^{+}_{F(t,x)}(t, x) \leq -\lambda$ для всех $t \in \mathbb{R}^+(t_0)$ и $R \leq \|y\| \leq \beta$. Из этого неравенства следует, что для рассматриваемого решения $x = x(t, t_0, x_0)$, в силу выполнения условия $R < \|y(t, t_0, x_0)\| < \beta$ при $t \in \mathbb{R}^+(t_0) \cap M(\tau)$, имеет место неравенство:

$$V\big(t, x(t, t_0, x_0)\big) - V(t_0, x_0) \leq -\lambda(t - t_0) \qquad (2)$$

для всех $t \in \mathbb{R}^+(t_0) \cap M(\tau)$.

Из этого неравенства получаем, что при достаточно больших $t \in \mathbb{R}^+(t_0) \cap M(\tau)$ будем иметь $V\big(t, x(t, t_0, x_0)\big) < 0$, что противоречит условию $0 \leq b(\|y(t, t_0, x_0)\|) \leq V\big(t, x(t, t_0, x_0)\big)$ при всех $t \in \mathbb{R}^+(t_0) \cap M(\tau)$.

Таким образом, сделанное выше предположение о том, что для любого $t \in \mathbb{R}^+(t_0) \cap M(\tau)$ выполнено условие $\|y(t, t_0, x_0)\| > R$ неверно и, следовательно, для любого решения $x = x(t, t_0, x_0)$ системы (1), где $t_0 \in M(\tau)$ и $R < \|x_0\| \leq \alpha$, всегда найдётся такое $t' \in M(\tau)$, $t' > t_0$, что $\|y(t', t_0, x_0)\| \leq R$. Из этого получаем, что для решения $x = x(t, t', x')$, где $x' = x(t', t_0, x_0)$, справедливо неравенство $\|y(t, t', x')\| < B$ при всех $t \in \mathbb{R}^+(t') \cap M(\tau)$, поскольку $t' \in M(\tau)$ и $\|y'\| \leq R$. Так как $x(t, t_0, x_0) = x(t, t', x')$ при $t \geq t'$, то для любого решения $x = x(t, t_0, x_0)$, где $t_0 \in M(\tau)$ и $R < \|x_0\| \leq \alpha$ имеем $\|y(t, t_0, x_0)\| < B$ при всех $t \in \mathbb{R}^+(t') \cap M(\tau)$.

Для нахождения требуемого числа $T = T(t_0, \alpha) \geq 0$ сделаем оценку сверху числа $t' > t_0$. Если в неравенстве (2) положить $t = t'$, то получим $t' \leq t_0 + \big(V(t_0, x_0) - V(t', x')\big)/\lambda$. Из этого, учитывая неравенства $V(t_0, x_0) \leq a(t_0, \alpha)$ и

$b(R) \leq b(\|y'\|) \leq V(t', x')$, получаем неравенство $t' \leq t_0 + ((a(t_0, \alpha) - b(R))/\lambda)$, из которого следует, что для любого решения $x = x(t, t_0, x_0)$, $t_0 \in M(\tau)$, $R < \|x_0\| \leq \alpha$, выполнено условие $\|y(t, t_0, x_0)\| < B$ при всех $t \in \mathbb{R}^+(t_0 + T) \cap M(\tau)$, где $T = (a(t_0, \alpha) - b(R))/\lambda$. Ясно, что число $T \geq 0$ зависит от t_0 и α, поскольку $\lambda = \lambda(\beta(t_0, \alpha))$, а число $b(R)$ не зависит от t_0 и α.

Таким образом, в случае, когда $R < \|x_0\| \leq \alpha$, в качестве искомых чисел $B > 0$ и $T = T(t_0, \alpha) \geq 0$ можно взять, соответственно, число $B > 0$ и число $T = (a(t_0, \alpha) - b(R))/\lambda$.

Таким образом, при выполнении условий 1)–3) теоремы решения системы (1) y-эквиограничены в пределе по Пуассону. Теорема доказана.

О решениях системы (1) говорят, что они эквиограничены относительно переменных $y = (x_1, \dots, x_k)$ или, более кратко, y-эквиограничены, если для каждого числа $\alpha \geq 0$ существует такое число $\beta > 0$, что для каждого решения $x(t, t_0, x_0)$ системы (1), где $\|x_0\| \leq \alpha$, выполнено условие $\|y(t, t_0, x_0)\| < \beta$ при всех $t \in \mathbb{R}^+(t_0)$[1] .

Определение 3. Будем говорить, что решения системы (1) равномерно y-ограничены по Пуассону, если для этой системы найдется такая $\mathcal{P}-$ последовательность $\tau = \{\tau_i\}_{i \geq 1}$ и для каждого числа $\alpha \geq 0$ существует такое число $\beta > 0$, что для каждого решения $x(t, t_0, x_0)$ системы (1), где $\|x_0\| \leq \alpha$, выполнено условие $\|y(t, t_0, x_0)\| < \beta$ при всех $t \in \mathbb{R}^+(t_0) \cap M(\tau)$.

Легко видеть, что если решения системы (1) равномерно y-ограничены, то они равномерно y-ограничены и по Пуассону.

Доказательство следующего достаточного признака равномерной y-ограниченности по Пуассону решений системы (1) аналогично доказательству теоремы 1.

Теорема 3. Пусть для системы (1) существует такая $\mathcal{P}-$последовательность $\tau = \{\tau_i\}_{i \geq 1}$ и такая функция $V(t, x) \geq 0$, заданная на $\mathbb{R}^+(\tau_1) \times \mathbb{R}^n$, что выполнены следующие условия:

1) $b(\|y\|) \leq V(t, x) \leq a(\|x\|)$ для всех $(t, x) \in M(\tau) \times \mathbb{R}^n$;

2) $V'^{+}_{F(t,x)}(t, x) \leq 0$ для всех $(t, x) \in \mathbb{R}^+(\tau_1) \times \mathbb{R}^n$.

Тогда решения системы (1) равномерно y-ограничены по Пуассону.

О решениях системы (1) говорят, то они равномерно y-ограничены в пределе, если для системы (1) найдётся такое число $B > 0$, и для любого $\alpha \geq 0$ существует такое число $T \geq 0$, что для любого решения $x = x(t, t_0, x_0)$ системы (1), где $\|x_0\| \leq \alpha$, выполнено условие $\|y(t, t_0, x_0)\| < B$ при всех $t \in \mathbb{R}^+(t_0 + T)$ [5].

Определение 4. Будем говорить, что решения системы (1) равномерно y-ограничены в пределе по Пуассону, системы (1) найдутся такое число $B > 0$ и такая $\mathcal{P}-$последовательность $\tau = \{\tau_i\}_{i \geq 1}$, и для любого $\alpha \geq 0$ существует такое число $T \geq 0$, что для каждого решения $x(t, t_0, x_0)$ системы (1), где $\|x_0\| \leq \alpha$, выполнено условие $\|y(t, t_0, x_0)\| < B$ при всех $t \in \mathbb{R}^+(t_0 + T) \cap M(\tau)$.

Доказательство следующего достаточного признака равномерной y-ограниченности в пределе по Пуассону решений системы (1) аналогично доказательству теоремы 2.

Теорема 4. Пусть для системы (1) существует такая $\mathcal{P}$ −последовательность $\tau = \{\tau_i\}_{i\geq 1}$ и такая функция $V(t,x) \geq 0$, заданная на $\mathbb{R}^+(\tau_1) \times \mathbb{R}^n$, что выполнены следующие условия:

1) $b(\|y\|) \leq V(t,x) \leq a(\|x\|)$ для всех $(t,x) \in M(\tau) \times \mathbb{R}^n$;

2) $V'^{+}_{F(t,x)}(t,x) \leq -c(\|y\|)$ для всех $(t,x) \in \mathbb{R}^+(\tau_1) \times \mathbb{R}^n$.

Тогда решения системы (1) равномерно y-ограничены в пределе по Пуассону.

Пример 1. Пусть задана система дифференциальных уравнений:

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = \dfrac{e^{-t} - \cos(t) - f(t, x_1, \dots, x_n)}{2(1 + \sin(t) + e^{-t})}(x_1 + x_2), \\ \dot{x}_2 = \dfrac{\cos(t) - e^{-t} + f(t, x_1, \dots, x_n)}{2(1 + \sin(t) + e^{-t})}(x_1 - x_2), \\ \dot{x}_3 = g_1(x_1, \dots, x_n), \dots, x_n = g_{n-2}(x_1, \dots, x_n). \end{cases}$$

где $t \in \mathbb{R}^+$, $(x_1, \dots, x_n) \in \mathbb{R}^n$, $n \geq 2$, $f(t, x_1, \dots, x_n)$ – любая непрерывная функция, удовлетворяющая условию $f(t, x_1, \dots, x_n) \geq 0$, и $g_i(x_1, \dots, x_n)$, $1 \leq i \leq n - 2$ – произвольные непрерывные функции.

Покажем, пользуясь теоремой 3, что решения этой системы равномерно y-ограничены по Пуассону, где $y = (x_1, x_2)$. Рассмотрим возрастающую последовательность, $\tau = \{\tau_i\}_{i\geq 1}$, где $\tau_1 = 0$ и $\tau_2 < \tau_3 < \cdots < \tau_i < \cdots$ − возрастающая последовательность корней уравнения $\sin(t) + e^{-t} = 0$. Очевидно, что $\lim_{i\to+\infty} \tau_i = +\infty$ и, следовательно, $\tau = \{\tau_i\}_{i\geq 1}$ является $\mathcal{P}$ −последовательностью. Рассмотрим теперь заданную в $\mathbb{R}^+(\tau_1) \times \mathbb{R}^n$ функцию:

$$V(t, x_1, x_2 \dots, x_n) = (1 + \sin(t) + e^{-t})(x_1^2 + x_2^2) \geq 0.$$

Для любых $t \in \mathbb{R}^+(\tau_1) = \mathbb{R}^+$ и $x = (x_1, \dots, x_n) \in \mathbb{R}^n$ справедливо неравенство $V(t, x_1, \dots, x_n) \leq a(\|x\|)$, где $a(r) = 3r^2$. Так как на каждом замкнутом интервале $[\tau_{2i-1}; \tau_{2i}]$ имеет место неравенство $1 \leq 1 + \sin(t) + e^{-t}$, то для всех $(t,x) \in M(\tau) \times \mathbb{R}^n$ получаем $b(\|y\|) \leq V(t,x)$, где $b(r) = r^2$. Из этого следует, что двойное неравенство $b(\|y\|) \leq V(t,x) \leq a(\|x\|)$ справедливо для всех $(t,x) \in M(\tau) \times \mathbb{R}^n$. Прямые вычисления показывают, что для любых $(t,x) \in \mathbb{R}^+ \times \mathbb{R}^n$ имеет место равенство $\dot{V}(t,x) = -f(t, x_1, \dots, x_n)(x_1^2 + x_2^2)$. Из этого, пользуясь тем, что $f(t, x_1, \dots, x_n) \geq 0$, получаем $\dot{V}(t,x) \leq 0$. Таким образом, для заданной системы все условия теоремы 3 выполнены и, следовательно, решения этой системы равномерно y-ограничены по Пуассону.

Пример 2. Пусть задана система дифференциальных уравнений:

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = \dfrac{\sin(t) + (1+t)^{-2} - f(t, x_1, \dots, x_n)}{2(1 + \cos(t) + (1+t)^{-1})}(x_1 + x_2), \\ \dot{x}_2 = \dfrac{-\sin(t) - (1+t)^{-2} + f(t, x_1, \dots, x_n)}{2(1 + \cos(t) + (1+t)^{-1})}(x_1 - x_2). \end{cases}$$

где $t \in \mathbb{R}^+$, $(x_1, \dots, x_n) \in \mathbb{R}^n$, $n \geq 2$, $f(t, x_1, \dots, x_n)$ – любая непрерывная функция, удовлетворяющая условию $f(t, x_1, \dots, x_n) \geq 1$, и $g_i(x_1, \dots, x_n)$, $1 \leq i \leq n - 2$ – произвольные непрерывные функции.

Покажем, пользуясь теоремой 4, что решения этой системы равномерно y-ограничены в пределе по Пуассону, где $y = (x_1, x_2)$. Рассмотрим возрастающую последовательность, $\tau = \{\tau_i\}_{i\geq 1}$, где $\tau_1 = 0$ и $\tau_2 < \tau_3 < \cdots < \tau_i < \cdots$ – возрастающая последовательность корней уравнения $\cos(t) + (1+t)^{-1} = 0$. Очевидно, что $\lim_{i\to+\infty} \tau_i = +\infty$ и, следовательно, $\tau = \{\tau_i\}_{i\geq 1}$ является $\mathcal{P}$ –последовательностью.

Рассмотрим заданную в $\mathbb{R}^+(\tau_1) \times \mathbb{R}^n$ функцию:

$$V(t, x_1, x_2 \dots, x_n) = (1 + \cos(t) + (1+t)^{-1})(x_1^2 + x_2^2) \geq 0.$$

Для любых $t \in \mathbb{R}^+(\tau_1) = \mathbb{R}^+$ и $x = (x_1, \dots, x_n) \in \mathbb{R}^n$ справедливо неравенство $V(t, x_1, \dots, x_n) \leq a(\|x\|)$, где $a(r) = 3r^2$. Так как на каждом замкнутом интервале $[\tau_{2i-1}; \tau_{2i}]$ имеет место неравенство $1 \leq 1 + \cos(t) + (1+t)^{-1}$, то для всех $(t, x) \in M(\tau) \times \mathbb{R}^n$ получаем $b(\|y\|) \leq V(t, x)$, где $b(r) = r^2$. Из этого следует, что двойное неравенство $b(\|y\|) \leq V(t, x) \leq a(\|x\|)$ справедливо для всех $(t, x) \in M(\tau) \times \mathbb{R}^n$. Прямые вычисления показывают, что для любых $(t, x) \in \mathbb{R}^+ \times \mathbb{R}^n$ имеет место равенство $\dot{V}(t, x) = -f(t, x_1, \dots, x_n)(x_1^2 + x_2^2)$. Из этого, пользуясь тем, что $f(t, x_1, \dots, x_n) \geq 1$, получаем $\dot{V}(t, x) \leq -c(\|y\|)$, где $c(r) = r^2$.

Таким образом, для решения заданной системы все условия теоремы 4 выполнены и, следовательно, решения этой системы равномерно y-ограничены в пределе по Пуассону.

В заключение следует отметить, что материалы данной статьи могут быть включены в спецкурс для студентов вузов старших курсов, обучающихся по физико-математическим специальностям.

Список использованных источников

1. Румянцев, В. В. Устойчивость и стабилизация движения относительно части переменных / В. В. Румянцев, А. С. Озиранер. – М. : Наука, 1987. – 254 с.

2. Немыцкий, В. В. Качественная теория дифференциальных уравнений / В. В. Немыцкий, В. В. Степанов – М. : ОГИЗ, 1947. – 448 с.

3. Yoshizawa, T. Liapunovs functions and boundedness of solutions / T. Yoshizawa // Funkcialaj Ekvacioj. – 1959. – V.2. – P. 95–142. Русский перевод: Сб. пер. «Математика». – 1965. – № 5. – С. 95–127.

4. Лапин, К. С. Ограниченность в пределе решений систем дифференциальных уравнений по части переменных с частично контролируемыми начальными условиями / К. С. Лапин // Дифференциальные уравнения. – 2013. –Т. 49. – № 10. – С. 1281–1286.

5. Щенникова, Е. В. Функции Ляпунова и ограниченность в пределе относительно части переменных / Е. В. Щенникова // Математическое моделирование. – 1997. – Т. 9. – № 10. – С. 24.

References

1. Rumyantsev V.V. Oziraner A.S. Stability and stabilization of motion with respect to part of variables. Moscow, Nauka,1987, 254 p.

2. Nemytskiy V.V. Stepanov V.V. Qualitative theory of differential equations. Moscow, OGIZ,1947, 448 p.

3. Yoshizawa T. Liapunovs functions and boundedness of solutions. Funkcialaj Ekvacioj, 1959., Vol.2., pp 95-142. Russian translate: Coll. Of transl. math. «Matematika», 1965., No. 5., pp. 95–127.

4. Lapin K.S. Ultimate boundedness with respect to part of the variables of solutions of systems of differential equations with partly controlled initial conditions. Differentsial'nye Uravneniya, 2013, vol. 49, no. 10, pp. 1281–1286.

5. Shchennikova E.V. Liapunov functions and ultimate boundedness of solutions with respect to part of the variables. Matematicheskoe modelirovanie, 1997, vol.9, no. 10, p. 24.

Поступила 12.05.17 г.

УДК 37.016:517.9(045)
ББК 22.161.6р

Щенников Владимир Николаевич
доктор физико-математических наук, профессор
кафедра прикладной математики, дифференциальных уравнений и теоретической механики
ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарева», г. Саранск, Россия

Щенникова Елена Владимировна
доктор физико-математических наук, доцент
кафедра фундаментальной информатики
ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарева», г. Саранск, Россия
schennikova8000@yandex.ru

ИНТЕГРИРОВАНИЕ В КВАДРАТУРАХ ОБЫКНОВЕННЫХ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ ПЕРВОГО ПОРЯДКА

Аннотация. Российская система высшего математического образования находится в состоянии интеграции в мировую систему высшего образования. Форматирование преподавания многих предметов до уровня бакалавриата создает риск уменьшения необходимого объема знаний и методов. Авторы статьи предлагают вариант изложения темы «Интегрируемые в квадратурах типы дифференциальных уравнений первого порядка» без потерь научного содержания и методов их решений.

Ключевые слова. Дифференциальные уравнения первого порядка, дифференциальные уравнения с разделяющимися переменными, однородные, уравнение Бернулли, уравнение Риккати.

Schennikov Vladimir Nikolaevich
Doctor of physico-mathematical Sciences, Professor
Department of applied mathematics, differential equations and theoretical mechanics
National Research Ogarev Mordovia State University, Saransk, Russia

Schennikova Elena
doctor of physico-mathematical Sciences, docent
Department of fundamental Informatics
National Research Ogarev Mordovia State University, Saransk, Russia

INTEGRATION IN QUADRATURES OF ORDINARY DIFFERENTIAL EQUATIONSOF FIRST ORDER

Abstract. Russian system of higher mathematical education is going through the process of integration into the international system of education. Reformatting the teaching of many courses against baccalaureate runs the risk of reducing the necessary amount of knowledge and methods. Authors of the article propose a version of teaching a topic «Integrable in quadratures types of differential equations of first order» without loss of scientific content and methods of their solutions.

Keywords: differential equations of first order, differential equations with separable variables, homogeneous, Bernoulli's equation, Riccati equation.

Рассмотрим скалярное обыкновенное дифференциальное уравнение первого порядка:

$$\frac{dy}{dx} = f(x,y). \tag{1}$$

Будем считать, что функция $f(x,y)$ задана в некотором компакте G, непрерывна и удовлетворяет условию Липшица относительно переменной y, т.е. $|f(x,y_2) - f(x,y_1)| \le L|y_2 - y_1|$, где $L > 0$ – постоянная Липшица. Здесь (x,y_1) и (x,y_2) принадлежат G. Эти условия гарантируют единственность решения задачи Коши.

Задача Коши для системы формулируется следующим образом: найти решение $y = \varphi(x)$ дифференциального уравнения (1), удовлетворяющего уравнению $\varphi(x_0) = y_0$.

Рассмотрим интегрируемые в квадратурах дифференциальные уравнения.

I) Дифференциальные уравнения вида:

$$\frac{dy}{dx} = f(x) \text{ и } \frac{dy}{dx} = f(y).$$

Разберем вначале уравнение $\frac{dy}{dx} = f(x)$. Представим его в виде $dy = f(x)dx$. Будем считать, что $f(x)$ непрерывная при $a < x < b$. Проинтегрировав левую и правую части уравнения, получим общее решение в виде (2):

$$y(x) = \int_{x_0}^{x} f(\xi)d\xi + C. \tag{2}$$

Здесь x_0 и x принадлежат интервалу (a, b).

Из формулы (2) следует, что все решения отличаются друг от друга аддитивной постоянной C. Пусть $(x_0, y_0) \in G$. Из формулы (2) находим $C = y_0$. Тогда общее решение уравнения имеет вид:

$$y(x) = \int_{x_0}^{x} f(\xi)d\xi + y_0.$$

Пусть $f(x)$ непрерывна на интервале (a, b). В этом случае задача Коши имеет единственное решение на этом интервале. Следует отметить, что здесь условие Липшица не требуется.

Рассмотрим случай, когда $\lim_{x\to c} f(x) = \infty$, где $a < c < b$. Будем считать, что в остальных точках интервала (a, b) функция $f(x)$ непрерывна. В этом случае поле направлений при $x = c$ задается уравнением $\frac{dx}{dy} = 0$.

Таким образом, при приближении x к прямой $x = c$ поле направлений становится все круче, а на открытых полосах $a < x < c$ и $c < x < b$ будет так же, как и в предыдущем случае, т. е. если точка $x_0 \in (a, c)$, то через эту точку проходит одна интегральная кривая, которая будет принадлежать полосе $a < x < c$.

Интегральная кривая в этом случае определяется уравнением:

$$y = y_0 + \int_{x_0}^{x} f(\xi)d\xi.$$

Если при $x \to c - 0$ интеграл $\int_{x_0}^{x} f(\xi)d\xi$ сходится, то интегральная кривая при $x \to c - 0$ будет приближаться к некоторой точке прямой $x = c$. Следовательно, в этом случае интеграл $\int_{x_0}^{x} f(\xi)d\xi$ будет сходиться.

Можно аналогичным образом проследить за поведением интегральных кривых в полосе $c < x < b$. Следует отметить, что в этом случае $x = c$ является интегральной кривой уравнения $\frac{dy}{dx} = f(x)$.

Из проведенных рассуждений следует, что если интеграл $\int_{x_0}^{x} f(\xi)d\xi$ при $x \to c - 0$ $(x \to c + 0)$ расходится, то задача Коши имеет единственное решение; если интеграл $\int_{x_0}^{x} f(\xi)d\xi$ сходится, то задача Коши не имеет единственного решения.

Замечание 1. Интересно рассмотреть поведение интегральных кривых в случае, когда $x \to c \pm 0$. При этом $f(x) \to +\infty$ при $x \to c + 0$, но $f(x) \to -\infty$ при $x \to c - 0$.

Примеры для самостоятельного решения.

1) Представить картину поведения интегральных кривых уравнений:

а) $\frac{dy}{dx} = \frac{1}{\sin x}$; б) $\frac{dy}{dx} = e^{\frac{1}{x^2}}$.

2) Исследовать поведение интегральных кривых дифференциального уравнения $\frac{dy}{dx} = f(y)$.

II) Дифференциальные уравнения с разделяющимися переменными.

Такие дифференциальные уравнения представляются в виде (3):

$$\frac{dy}{dx} = f_1(x) * f_2(y). \tag{3}$$

Допустим, что областью определения уравнения (3) является $D = \{x, y : a < x < b, c < y < k\}$.

Если $f_2(y) = 0$ при $y = y_1, y = y_2, \ldots$, то функции $\varphi(x) \equiv y_1,\ \varphi(x) \equiv y_2, \ldots$ являются решениями уравнения (3).

Пусть теперь $f_2(y) \neq 0$. Тогда, разделив обе части уравнения (3) на $f_2(y)$ и проинтегрировав, получим:

$$\int \frac{dy}{f_2(y)} = \int f_1(x)dx + C. \tag{4}$$

Из равенства (4) следует, что если на некотором интервале $f_2(y) \neq 0$, то функция $f_2(y)$ сохраняет знак. Тогда решение уравнения (3) можно записать в виде $y = F^{-1}(G(y) + C)$. Здесь $F(y)$ и $G(x)$ – интегралы от левой и правой частей равенства (4).

Примечание. Пусть решение $y = y(x)$ удовлетворяет начальному условию $y(y_0) = y_0$. Если же $f_2(y_0) \neq 0$ на некотором интервале, где $f_2(y) \neq 0$, тогда решением уравнения (3) будет функция $y = \varphi(x)$, которая получается из равенства:

$$\int_{y_0}^{\varphi(x)} \frac{dy}{f_2(y)} = \int_{x_0}^{x} f(\xi)d\xi. \tag{5}$$

Приведем теорему существования и единственности решения задачи Коши для уравнения (3).

Теорема [11, с.21]. Пусть уравнение (3) определено в области D, функции $f_1(x)$ и $f_2(y)$ непрерывны в D и, кроме того, $f_2(y) \neq 0$. Тогда задача Коши для уравнения (3) при $(x_0, y_0) \in D$ имеет единственное решение.

Из условий теоремы, следует, что задача Коши в G имеет единственное решение без предположения о выполнимости условия Липшица.

Однородное дифференциальное уравнение имеет вид:

$$\frac{dy}{dx} = f\left(\frac{y}{x}\right). \tag{6}$$

Здесь $f\left(\frac{y}{x}\right)$ является однородной функцией порядка 0, т. е. $f\left(\frac{\lambda y}{\lambda x}\right) = f\left(\frac{y}{x}\right)$. Уравнение (6) не является дифференциальным уравнением с разделяющимися переменными. Однако, уравнение (6) можно преобразовать к дифференциальному уравнению с разделяющимися переменными. В самом деле, сделаем замену: $z = \frac{y}{x}$. Здесь z – новая искомая функция.

Вставляя выражение $\frac{dy}{dx} = \frac{dz}{dx}x + z$ в уравнение (6), получим:

$$\frac{dz}{dx}x + z = f(z). \tag{7}$$

Нетрудно заметить, что уравнение (7) является дифференциальным уравнением с разделяющимися переменными, т.е. уравнение (7) представимо в виде:

$$\frac{dz}{f(z)-z} = \frac{dx}{x}. \tag{8}$$

Здесь $f(z) - z \neq 0$.

Проинтегрируем уравнение (8). В результате получим:

$$\int \frac{dz}{f(z)-z} = \ln|x| + C. \tag{9}$$

Если в выражении (9) z заменить отношением $\frac{y}{x}$, то получим решение уравнения (6).

Приведем геометрические свойства семейства интегральных кривых уравнения (6). Уравнение (6) допускает преобразование $x_1 = Cx, y_1 = Cy$, так как $\frac{dy_1}{dx_1} = \frac{dy}{dx}, \frac{y_1}{x_1} = \frac{y}{x}$. Такое преобразование является преобразованием подобия с центром подобия в начале координат, из этого следует, что все направления касательных поля одинаковы на каждой прямой (изоклины), проходящей через начало координат, а потому семейство интегральных кривых состоит из подобных интегральных кривых.

Тема однородные дифференциальные уравнения выносится на самостоятельное изучение.

Линейные дифференциальные уравнения первого порядка имеют вид:

$$\frac{dy}{dx} + a(x)y = b(x), \tag{10}$$

где коэффициенты $a(x)$ и $b(x)$ являются заданными непрерывными функциями при $a \leq x \leq b$. Линейность имеется ввиду относительно искомой функции $y(x)$ и её производной.

При $b(x) \equiv 0$ уравнение (10) называется однородным.

Для того чтобы решить уравнение (10) вначале необходимо найти общее решение соответствующего однородного линейного дифференциального уравнения:

$$\frac{dy}{dx} + a(x)y = 0. \tag{11}$$

Дифференциальное уравнение (11) является дифференциальным уравнением с разделяющимися переменными. Поэтому уравнение (11) представим в виде:

$$\frac{dy}{y} = -a(x)dx$$

и проинтегрируем его.

В результате получим общее решение уравнения (11):

$$y = ce^{-\int a(x)dx}.$$

Решение уравнения (10) будем решать методом вариации произвольной постоянной (методом Лагранжа), т. е. искать решение уравнения (10) в виде:

$$y = c(x)e^{-\int a(x)dx}. \tag{12}$$

Здесь $c(x)$ есть неизвестная непрерывно-дифференцируемая функция. Найдем $c(x)$. Для этого подставим (12) в уравнение (10) и проинтегрируем его.

Тогда получим:

$$\frac{dc(x)}{dx}e^{-\int a(x)dx} + c(x)a(x)e^{-\int a(x)dx} - a(x)c(x)e^{\int a(x)dx} = b(x).$$

Дифференциальное уравнение относительно $c(x)$ будет иметь вид:

$$\frac{dc(x)}{dx} = b(x)e^{\int a(x)dx}. \tag{13}$$

Решая уравнение (13), получим:

$$c(x) = \int b(x)e^{\int a(x)dx}\,dx + \bar{c},$$

где $\bar{c}$ – произвольная постоянная.

Тогда общее решение уравнения будет иметь вид:

$$y(x) = \bar{c}e^{-\int a(x)dx} + e^{-\int a(x)dx}\int b(x)e^{\int a(x)dx}.$$

Таким образом, общее решение уравнения (10) является суммой общего решения соответствующего однородного уравнения (11) и частного решения исходного уравнения (10).

Из структуры общего решения уравнения (10) следует, что если известно одно частное решение уравнения (10), тогда общее решение уравнения (10) складывается из общего решения уравнения (11) и известного частного решения уравнения (10).

Упражнение. Привести дифференциальное уравнение Бернулли:

$$\frac{dy}{dx} + a(x)y = b(x)y^n, n > 1,$$

к линейному неоднородному дифференциальному уравнению с использованием преобразования $z = y^{1-n}$. Здесь z есть новая искомая функция.

Тема дифференциальное уравнение Бернулли выносится на самостоятельное изучение.

Дифференциальное уравнение Риккати имеет вид:

$$\frac{dy}{dx} = p(x) + q(x)y + r(x)y^2. \quad (14)$$

Здесь $p(x)$, $q(x)$ и $r(x)$ – непрерывные функции при $a \le x \le b$. Тогда задача Коши будет иметь единственное решение. В квадратурах решение уравнения Риккати не удается выразить.

Приведем известные общие свойства решений уравнения (14).

Свойство 1. Преобразование независимой переменной $x = \varphi(t)$, $\varphi(t)$ – непрерывная и дифференцируемая функция, не изменяет типа уравнения (14).

Свойство 2. Уравнение (14) сохраняет свой вид при произвольном дробно-линейном преобразовании зависимой переменной $y = (\alpha t + \beta)/(\gamma t + \delta)$, где α, β, γ и δ – произвольные дифференцируемые функции переменной t, удовлетворяющие условию $\alpha\delta - \beta\gamma \ne 0$.

Это свойство обнаруживается непосредственной проверкой.

Свойство 3. Коэффициент $r(x)$ в уравнении (14) можно сделать равным ± 1 с использованием замены: $y = \pm r^{-1}(x)t$.

Доказательство сводится к непосредственной проверке.

Свойство 4. Не изменяя коэффициента при квадрате зависимой переменной, уравнение (14) можно привести к виду, когда коэффициент при первой степени зависимой переменной будет равным нулю.

Доказательство. Введем новую искомую функцию z. Для этого введем преобразование $t = z - \frac{q_1}{2r_1}$, $r_1 = \pm 1$, то уравнение (13) приводится к виду:

$$\frac{dz}{dt} = p_2(t) \pm z^2. \quad (15)$$

Теорема 1. Если известно одно частное решение уравнения Риккати (13), то уравнение (14) приводится к уравнению Бернулли.

Доказательство. Пусть

$$y = y_1(x) + z, \quad (16)$$

где z – новая искомая функция.

Подставив (16) в уравнение (14), получим уравнение Бернулли:

$$\frac{dz}{dx} = r(x)z^2 + (2ry_1(x) + q)z. \quad (17)$$

Заменой $z = u^{-1}$ уравнение (17) приводится к линейному неоднородному дифференциальному уравнению, решение которого выражается двумя квадратурами.

Соответствующее линейное неоднородное уравнение имеет в данном случае вид:

$$y = y_1 + \frac{1}{c\varphi(x) + \psi(x)} = \frac{cy_1(x)\varphi(x) + y_1(x)\psi(x) + 1}{c\varphi(x) + \psi(x)}.$$

Следствие. Общее решение уравнения Риккати представляет собой дробно-линейную функцию относительно произвольной постоянной.

Обратное утверждение справедливо.

Теорема 2. Если общим решением дифференциального уравнения является дробно-линейная функция от произвольной постоянной, то это уравнение является уравнением Риккати.

Теорема 3. Если известно два частных решения уравнения Риккати, то его общее решение находится одной квадратурой.

Доказательство этих теорем можно найти в книгах [3; 4; 8; 9; 14].

Различные случаи интегрируемости дифференциального уравнения Риккати можно найти в книгах [6; 7].

Отметим, что роль дифференциального уравнения в научных исследованиях в современной теории управления велика. Поэтому задача интегрирования представляет значительный интерес для приложений, т. е. имеется острая необходимость поиска интегрируемых типов дифференциальных уравнений Риккати. Необходимость возникает не только в теории управления уравнения Риккати, но также и при разработке методов численного решения задач математической физики – в теории теплопроводности, диффузии в полупроводниках, в динамике процессов в сплошных средах. Этот список можно продолжать.

Следует отметить, что решение задач в указанных выше разделах с использованием метода прогонки удается улучшить процедуру получения приближенных решений. Любознательному читателю представляются неограниченные возможности продолжения исследований в указанных направлениях.

Дифференциальные уравнения $\frac{dy}{dx} = f(x)$, $\frac{dy}{dx} = f(y)$ наиболее полно изложены в учебниках [2; 3; 9].

Дифференциальные уравнения с разделяющимися переменными, однородные и линейные также в полном объеме изложены в учебниках [2; 3; 9]. В учебных пособиях [8; 10] подробно разобраны примеры и задачи по общему курсу дифференциальных уравнений. Следует отметить, что многие примеры и задачи могут служить началом научных исследований.

В монографии [4] приведено большое количество проблем по теории управления и математической физике, сводящихся в конечном счете к решению дифференциальных уравнений Риккати.

Список использованных источников

1. Агафонов, А. С. Дифференциальные уравнения. / А. С. Агафонов, А. Д. Герман, Т. В. Муратов. – М. : Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1999. – 336 с.

2. Бибиков, Ю. Н. Курс обыкновенных дифференциальных уравнений / Ю. Н. Бибиков. – М. : Высшая школа, 1991. – 303 с.

3. Егоров, А. И. Обыкновенные дифференциальные уравнения с приложениями / А. И. Егоров. – М. : Физматлит, 2005. –384 с.

4. Егоров А. И. Уравнение Риккати / А. И. Егоров. – М. : Физматлит, 2001.

5. Еругин Н. П. Курс обыкновенных дифференциальных уравнений / Еругин Н. П. и др.. – Киев : Вища школа,1974. – 472 с.

6. Зайцев, В. Ф. Справочник по обыкновенным дифференциальным / В. Ф. Зайцев, А. Д. Полянин. – М. : Физматлит, 2001.

7. Камке Э. Справочник по обыкновенным дифференциальным уравнениям / Э. Камке. – М. : Наука, 1965.

8. Краснов, М. Л. Обыкновенные дифференциальные уравнения. Задачи и примеры с подробными решениями / М. Л. Краснов, А. И. Киселев, Г. И. Макаренко.– М. : КомКнига, 2005. – 256 с.

9. Матвеев, Н. М. Методы интегрирования обыкновенных дифференциальных уравнений / Н. М. Матвеев. – М. : Высшая школа, 1962. – 548 с.

10. Матвеев, Н. М. Сборник задач и упражнений по обыкновенным дифференциальным уравнениям / Н. М. Матвеев. – СПб. : Лань, 2002. – 432 с.

References

1. Agafonov A.S., German A.D., Muratov T.V. Differencial'nye uravneniya,Moscow, Izd-voMGTU Baumana, 1999, 336 p.

2. Bibikov YU.N. Kurs obyknovennyh differencial'nyh uravnenij. Moscow, Vysshaya shkola, 1991, 303 p.

3. Egorov A.I. Obyknovennye differencial'nye uravneniya s prilozheniyami. Moscow, Fizmatlit, 2005, 384 p.

4. Egorov A.I. Uravnenie Rikkati, Moscow, Fizmatlit, 2001.

5. Erugin N.P. Kurs obyknovennyh differencial'nyhuravnenij. Kiev, Vishcha shkola, 1974. 472 p.

6. Zajcev V.F., Polyanin A.D. Spravochnik po obyknovennym differencial'nym uravneniyam. Moscow, Fizmatlit, 2001.

7. Kamke E. Spravochnik po obyknovennym differencial'nym uravneniyam. Moscow, Nauka, 1965.

8. Krasnov M.L., Kiselev A.I., Makarenko G.I. Obyknovennye differencial'nye uravneniya. Zadachi i primery s podrobnymi resheniyami. Moscow, KomKniga, 2005, 256 p.

9. Matveev N.M. Metody integrirovaniya obyknovennyh differencial'nyh uravnenij. Moscow, Vysshayashkola, 1962, 548 p.

10. Matveev N.M. Sbornik zadach i uprazhnenij po obyknovennym differencial'nym uravneniyam. SPb., Lan’, 2001, 432 p.

Поступила 12.01.17 г.

УДК 371.69:004.3(045)
ББК 74с

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

ПОДГОТОВКА ИНТЕРАКТИВНЫХ УЧЕБНЫХ МАТЕРИАЛОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОБЛАЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Аннотация. В статье описывается опыт использования облачных вычислений в учебном процессе. Показано, что облачные вычисления предоставляют дополнительные возможности при обучении. Обсуждается возможность формирования на основе облачных ресурсов компонентов контекстной образовательной среды в виде интерактивных учебных приложений-модулей, которые могут продуктивно использоваться при выполнении творческих заданий и в самостоятельной работе учащихся.

Ключевые слова: облачные технологии, интерактивность, образовательный процесс, интерактивные приложения.

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

PREPARATION OF INTERACTIVE LEARNING MATERIALS USING CLOUD TECHNOLOGY

Abstract. The article describes the experience of using cloud computing in the educational process. It is shown that cloud computing provides additional opportunities for learning. Discusses the possibility of formation of a cloud-based resource components of the context of the educational environment, which can productively be used when performing creative tasks and independent work of students.

Keywords: cloud computing, interactivity, educational process, interactive applications.

В условиях всемирной глобализации развитие информационных технологий приводит к возникновению новых способов использования Интернет в образовании. На современном этапе развития общества, когда целью образования является создание условий для максимального развития личностного потенциала каждого обучающегося, социальные сервисы Web 2.0, основные черты которых – интерактивность и социализация, могут способствовать оптимизации процесса преподавания. Применительно к образованию Web 2.0 представляет собой качественно новый подход к построению образовательного процесса [1; 2; 3].

Web 2.0 не является технологией или особым стилем Web-дизайна. Для определения сути подходит определение Web 2.0 как комплексного подхода к организации, реализации и поддержке Web-ресурсов

Преимущество Web 2.0 заключается в возможности привлечения всех обучающихся для участия в образовательном процессе не только в качестве потребителей образовательного контента, но и как его активных создателей.

В настоящее время можно использовать различные продукты технологии Web 2.0.

Википедия представляет собой базу справочной информации с предоставлением практически каждому пользователю возможности редактировать данные.

Блоги (интерактивные сетевые дневники) представляют собой один из самых ярких примеров использования принципов Web 2.0. Значительная часть Web-контента создается пользователями, а не владельцами ресурса. Для этого активно используют технологии RSS и FOAF, характерные для Web 2.0.

Технология FOAF (Friend Of A Friend) дает пользователю возможность подписаться на новости и материалы тех пользователей, которые находятся в так называемом «списке друзей». Этим самым поощряется общение пользователей Сети.

Технология FOAF является одной из важнейших составляющих социальных интернет-сетей.

RSS (Really Simple Syndication или, дословно, «действительно простое объединение (информации)») – простая и эффективная технология экспорта гипертекста, используемая для создания новостных лент.

Сервисы обмена. Эти ресурсы наполняются за счет пользователей, предоставляя им место для различных файлов – музыки, фильмов, документации и т.п. Здесь также используются RSS и тэги.

Сайты совместного документ пользования. Подобные сервисы дают пользователям возможность одновременного и совместного использования документов – можно создавать, изменять, удалять информацию, доступную для общего пользования. При этом исчезает необходимость в установке программного обеспечения на локальных компьютерах.

LearningApps.org является приложением Web 2.0 для поддержки обучения и процесса преподавания с помощью интерактивных модулей [4]. Существующие модули могут быть непосредственно включены в содержание обучения, а также их можно изменять или создавать в оперативном режиме. Целью является также собрание интерактивных блоков и возможность сделать их общедоступным. Такие блоки (так называемые приложения или упражнения) имеют свою ценность, а именно интерактивность [4].

Сервис LearningApps.org создан с целью поддержки учебного процесса с помощью интерактивных приложений. LearningApps.org позволяет в режиме онлайн создавать и использовать интерактивные задания самых разных видов: викторины, вставка пропусков в текст, кроссворды и игры с буквами на составление слов, пазлы, подобрать пару и многое другое.

Задания, имеющиеся на сайте, рассортированы по категориям (тематике), уровням образования.

В данной статье будет описан алгоритм организации совместной работы учащихся при проведении тестирования с помощью интерактивных моделей в ресурсе LearningApps.org по технологии Web 2.0.

Для проведения совместного тестирования учителю необходимо создать список учеников и указанием логинов и пароль, в своем аккаунте, используя закладку *Мои классы*. Все внесенные в список учащиеся объединены в один класс. Каждый класс получает оригинально название. Логин и пароль каждому ученику назначается в случайном порядке.

Во вкладке *Аккаунты учеников* можно увидеть и распечатать полученный список. Во вкладке *Папка класса* можно создать новые и разместить любые имеющиеся упражнения для учащихся выбранного класса.

Вкладка *Сообщение* позволяет послать тестовую информацию получателю из созданного класса. Состав класса можно редактировать, а в случае необходимости можно удалить.

Для совместного выполнения упражнений каждому ученику нужно войти в аккаунт соответственно данным, назначенным учителем. Покажем на примере созданного нами теста «Механическое движение» к первому уроку последовательность действий для организации совместной деятельности. Учитель назначает упражнения в папке для созданного класса. Каждому ученику из класса после выбора требуемого упражнения из папки на странице упражнения следует выбрать режим *Играть с друзьями* (рис. 1).

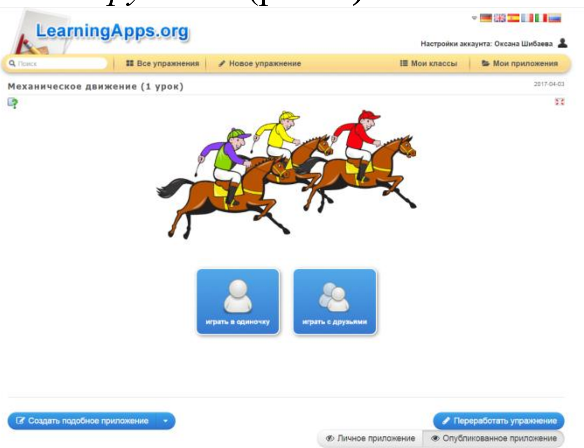


Рис. 1. Выбор режима *Играть с друзьями*

После этого страница принимает вид (рис. 2):

Рис. 2. Назначение имени и иконки

Каждый ученик выбирает игрока для себя (рис. 3).

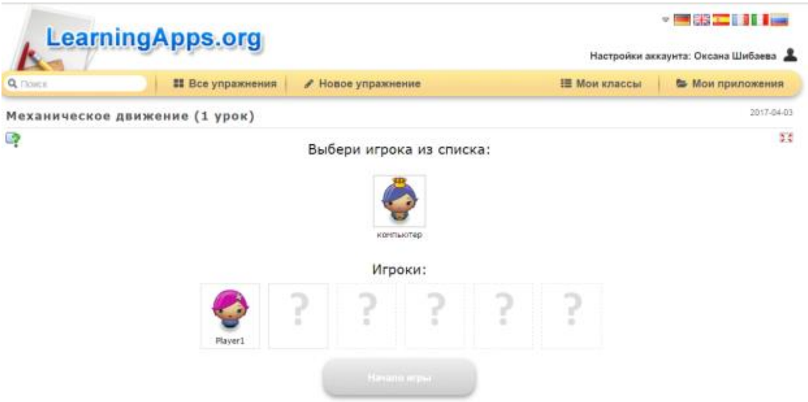


Рис. 3. Выбор игроков из предложенного списка

После выбора нужных игроков станица принимает вид, где организуется работа в чате (рис. 4).

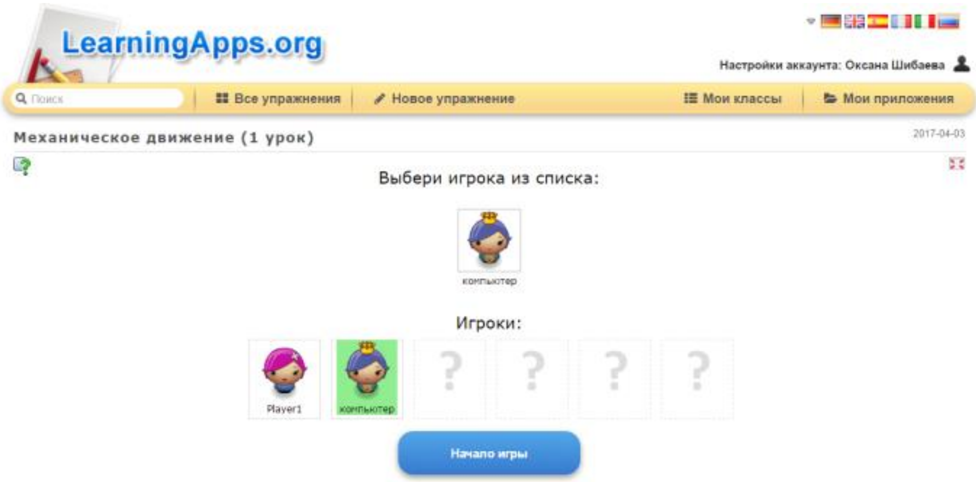


Рис. 4. Вид страницы после выбора игроков

Игру начинают все выбранные игроки. Каждый ученик отвечает на вопросы и ожидает, когда все выбранные им участники упражнения ответят на этот же вопрос, после чего для всей группы предлагается следующий вопрос. Во время выполнения можно общаться в чате с игроками.

Время выполнения упражнения учителем не ограничивается. Упражнение считается законченным, когда все выбранные участники в совместном выполнении ответят на последнее задание назначенного упражнения.

Выполнение упражнение сопровождается динамической иллюстраций в виде скачек. Каждый ученик – один из участников. При правильном выполнении задания участник приближается к финишу быстрее других, при неверном выполнении – медленнее.

Правильный ответ в упражнении отмечается зеленый цветом, а неверный – красным, при этом выбранный ответ нельзя изменить.

После выполнения каждого задания участник видит в чате свои результаты.

Во вкладке *Статистика* отображается в графическом виде результаты выполненных упражнений.

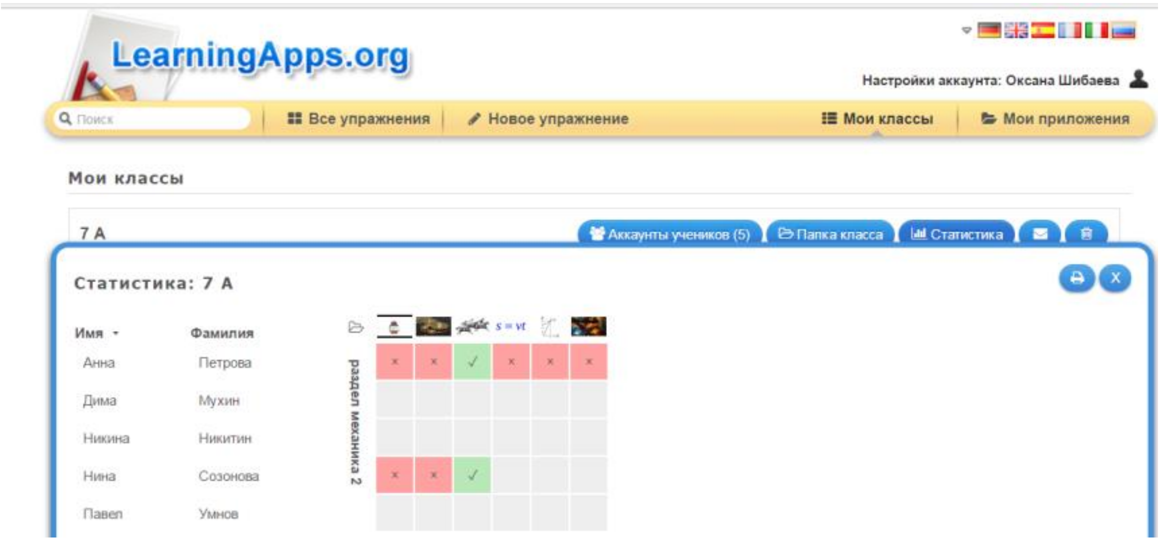


Рис. 5. Вкладка Статистика

Полученный результат можно для удобства распечатать. Организуется совместное выполнение, учитель получает информацию о выполнении заданий и может оценить уровень знаний учащихся по выбранной теме.

Таким образом, эффективность информационных технологий зависит от того, как их будет использовать учитель. Все зависит от способов и форм применения этих технологий. Компьютер позволяет учителю значительно расширить возможности подачи разного типа информации. При правильном подходе он позволяет активизировать внимание учащихся, усилить их мотивацию, развить познавательные процессы, мышление, воображение и фантазию.

Список использованных источников

1. Кормилицына Т.В. Обучение построению и анализу физических моделей в современных программных средах / Т. В. Кормилицына // Учебный эксперимент в образовании. – 2016. – №2 (78). – С. 40–53.

2. Кормилицына Т.В. Проблемы организации компьютерного эксперимента по физике в школе / Т. В. Кормилицына // Фундаментальные и прикладные проблемы физики : сборник научных трудов по материалам IX Междунар. науч.-техн. конф. – Саранск, 2015. – С. 313–316.

3.Кормилицына, Т. В. Построение компьютерных моделей для учебных экспериментов / Т. В. Кормилицына // Учебный эксперимент в образовании. 2011. – № 2. – С. 44–49.

4. Панфилова, А. П. Инновационные педагогические технологии: Активное обучение: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / А. П. Панфилова. – М. : Академия. – 2009. – 192 с.

References

1. Kormilitsyna T.V. Learning to construct and analyze physical patterns in modern software environments. Uchebnyj experiment v obrazovanii, 2016, 2 (78), 40–53.

2. Kormilitsyna T.V. problems of the organization of computer experiment in physics at school // Fundamental and applied problems of physics : collection of scientific works on materials

of the IX Intern. scientific.-tech. Conf, Saransk, 2015, 313–316.
3. Kormilitsyna T.V. Construction of simulation models for educational experiments. Uchebnyj experiment v obrazovanii, 2011, 2, 44–49.
4. Panfilova A.P. Innovative pedagogical technologies: Active training. Moscow, Academy, 2009, 192 p.

Поступила 12.08.17г.

УДК 37.016:53:378(045)
ББК 22.3р

Масленникова Людмила Васильевна
доктор педагогических наук, профессор
кафедра общенаучных дисциплин
ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет имени Н. П. Огарева», г. Саранск, Россия

Арюкова Ольга Александровна
кандидат педагогических наук
преподаватель отделения среднего профессионального образования
ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет имени Н. П. Огарева», г. Саранск, Россия

Родиошкина Юлия Григорьевна
кандидат педагогических наук, доцент
кафедра общетехнических дисциплин
ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет имени Н. П. Огарева», г. Саранск, Россия

СИНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ОРГАНИЗАЦИИ ЛАБОРАТОРНОГО ПРАКТИКУМА ПО ФИЗИКЕ В ВЫСШИХ ТЕХНИЧЕСКИХ ШКОЛАХ

Аннотация. В статье рассматриваются актуальные вопросы повышения качества подготовки студентов инженерных специальностей по физике. Приведены особенности разработки лабораторного практикума, основанного на взаимосвязи физической и технической картин мира, что способствует формированию у студентов высокого уровня фундаментальных и профессионально направленных знаний и умений.

Ключевые слова: курс физики, физическая картина мира, синергетический подход, компьютерные технологии, лабораторный практикум, технологический процесс.

Maslennikova Ljudmila Vasil'evna
Doctor of pedagogical Sciences, professor
Department of scientific disciplines
National Research Ogarev Mordovia State University, Saransk, Russia

Arykova Ol'ga Aleksandrovna
Candidate of pedagogical Sciences
lecturer in the Department of secondary professional education
National Research Ogarev Mordovia State University, Saransk, Russia

Rodichkina Julija Grigor'evna
Candidate of pedagogical Sciences, docent
Department of technical disciplines
National Research Ogarev Mordovia State University, Saransk, Russia

A SYNERGISTIC APPROACH TO THE ORGANIZATION OF THE LABORATORY WORKSHOP ON PHYSICS AT HIGHER TECHNICAL SCHOOLS

Abstract. The article examines topical issues of improving the quality of training engineering students in physics. The peculiarities of the development of the Contents of the laboratory practical work, based on the relationship of physical and technical world, which contributes to the formation of students ' high level of fundamental and professionally oriented knowledge and skills

Keywords: physics, physical world, synergistic approach, computer technology, laboratory practice, manufacturing process.

В последние годы со стороны промышленных предприятий особое внимание уделяется индивидуальным качествам выпускников инженерных специальностей, которые должны быть сформированы в процессе обучения в высшей технической школе как профессионально важные. За последнее время осуществляется тенденция перехода от квалификационной модели специалиста к компетентностной.

Основной задачей дидактики является не только сообщение студентам определенного объема знаний и умений, но и формирование способностей применять их в конкретной производственной деятельности, как на фундаментальной, так и на профильно-ориентированном уровне при решении актуальных проблем инженерной деятельности. Современные требования промышленных предприятий по отношению к специалистам предполагают не только прочные знания по фундаментальным и специальным дисциплинам, но и умения оперативно решать разнообразные производственные задачи, в том числе и нестандартные [1].

В соответствии с государственным образовательным стандартом подготовка инженера машиностроительного профиля для решения профессиональных задач должна обеспечивать квалификационные умения; разработка проектов изделий с учетом механических, технологических, конструкторских, эксплуатационных и экономических параметров, выполнения работ научно-технического характера по проектированию, информационному обслуживанию и техническому контролю. Это, в свою очередь, изменяет требования, предъявляемые к качеству фундаментального, в частности физического образования выпускников технических вузов. В качестве одной из целей обучения физике в техническом вузе является формирование у студентов фундаментальных знаний по физике и их применять в профессиональной деятельности с использованием современных компьютерных технологий, что способствует глубокому пониманию физических явлений в профессиональной деятельности, расширению спектра исследовательских проблем в области профессиональной деятельности.

Физика – наука экспериментальная. Она идет от простого наблюдения и постановке целенаправленных опытов, позволяющих получить качественное представление о процессах, происходящих в природе, технике и технологиях. В тоже время физический эксперимент является основополагающим звеном подтверждающий или опровергающий истинность той или иной физической теории. Эксперимент служит основой для научных теорий и гипотез. Экспериментальное обучение студентов технических направлений в значительной мере осуществляется в общем физическом практикуме.

Одним из форм реализации учебного процесса в высшей технической школе является лабораторный практикум, который способствует формированию будущего специалиста системой необходимых профессиональных знаний.

Изучая физику в высшей технической школе, у студента формируются и развиваются наряду с фундаментальными знаниями, также технические знания, умения и навыки, среди которых большое значение имеет умение выполнять экспериментальные исследования, обрабатывать полученные результаты и делать их анализ. Данные умения и навыки студенты приобретают на лабораторных занятиях [2].

В методике преподавания физики в высшей технической школе многие исследователи отмечают несоответствие содержания и методике проведения лабораторного практикума по физике целям и задачам подготовки специалистов-инженеров в современных условиях. Исследователи указывают на то, что отсутствует разработанная программа по физике, в которой четко указывались бы цели и задачи практикума в связи с профессиональной подготовкой будущих специалистов по конкретной группе направлений и профилей специальности, объем обобщенных и специальных умений и действий, формируемых в каждом разделе практикума с указанием необходимого уровня, до которого должно доводиться умение на данном этапе обучения. Содержание лабораторного практикума должно быть ориентировано на формирование у будущего специалиста системы профессиональных умений. Однако, в методике проведения лабораторного практикума по физике, слабо отражаются элементы подхода в решении экспериментально-исследовательских задач. Лабораторный практикум по физике часто рассматривается в высшей технической школе, как дидактическое средство формирования и закрепления системы знаний без должного внимания важной цели – формировать умения и навыки в профессиональной и экспериментально-исследовательской деятельности.

Содержание лабораторного практикума в системе подготовки инженеров должно быть структурировано таким образом, чтобы оно могло гарантированно обеспечить формирование профессиональных умений при подготовке студентов машиностроительного профиля, моделирующего реальную производственную деятельность будущих специалистов и спроектировать технологию проведения соответствующего лабораторного практикума в системе подготовки инженера.

В сложившейся ситуации как никогда остро стоит проблема внедрения и широкого использования в учебном процессе современных высокоэффективных информационных технологий, огромных возможностей использования современных компьютерных технологий, разработок в области создания обучающих программ, появлением современных программных средств, позволяющих эффективно разрабатывать мультимедийные обучающие программы, комплексы, электронные учебники и пособия. Разработка электронно-методического руководства проведения лабораторного практикума, разработка проведения поэтапного тестирования в процессе выполнения лабораторного практикума по результатам выполнения экспериментального исследования и по результатам анализа и синтеза позволит включать вопросы и задачи, содержащие профессиональную компоненту в обучении физики.

В настоящее время появилась возможность реализации модельных экспериментов с помощью средств компьютерных технологий и создания виртуальных лабораторных практикумов. Современное моделированное программированное обучение для иллюстрации физических процессов у техники и технологий представлено демонстрационными и моделирующими программами. Эти программы признаны сыграть важную роль в изучении большого спектра процессов, механизмы которых известны, но непосредственное их наблюдение невозможно в реальном времени.

Компьютерные модели реальных физических экспериментов могут дополнить их, но не могут полностью их заменить.

Лабораторно-проектные работы в техническом вузе, как метод обучения физике целесообразно проводить в сфере синергетического физического практикума, включающий в себя взаимосвязанное сочетание виртуального и натурного эксперимента, в том числе вопросы и задачи связанные (лежащие в основе) техники и технологических процессов, отражающих направление и специализацию будущего специалиста. Основой синергетического практикума по своей методологии представляет синтез физической и технической картин мира, как принцип единства фундаментальных и профессиональных знаний [3].

При построении модели данного лабораторного практикума важным является вопрос о соотношении теоретического, экспериментального, вычислительного и профессионально направленного знания в методологии современного физического познания. Натурный и виртуальный эксперимент и моделирование (в том числе и вопросов, связанных с профессиональной компонентой физического образования), в теории и методике обучения физике должны представлять единый комплекс, единую систему. В синергетическом сочетании всех видов эксперимента важно структурное взаимодействие виртуального, натурного компонента и взаимосвязь физических и технических теорий.

Разработка программ по реализации виртуальной компоненты осуществляется в рамках согласования физики, техники и информатики, происходит ориентирование на те языки и пакеты, которые предстоит использовать. В рамках этого контекста появляется возможность адекватного рассмотрения преобразования физических объектов, физики нелинейных явлений, виртуализации теоретических основ физического явления, использования данного явления в технике и технологии производства, продуктивного предсказания этого процесса. Использование математической модели в таком контексте (имитационная модель изучаемого явления, графическое моделирование) аналогично проведению натурного эксперимента с реальным объектом [4]. Задавая конкретный набор знаний, необходимых параметров модели, в результате моделирования получаем конкретный набор знаний искомых величин. При новом наборе исходных данных возможно проведение нового моделирования, что в совокупности с элементами проблемно-ориентированного подхода позволяет обучать будущего инженера будущего инженера навыкам контекстного многоуровнего и многопараметрического анализа физической и технической проблемы.

Моделирование в физическом практикуме можно использовать:

– в прикладном знании-построении модели конкретного явления;

– в широком общенаучном аспекте, как новую интегрирующую технологию проведения учебно-научных исследований, признанную решать проблему координирования и связи теоретических и экспериментальных исследований при решении конкретных инженерных задач.

Распределение содержания по различным дисциплинам, с целью включения в методику обучения физике в высших технических школ, с целью формирования профессиональной компетентности, представляет возможность формирования основных фундаментальных знаний в рамках и логике понятийного и методологического аппарата, выработанного этой наукой, но и является эффективным дидактическим средством формирования понятий. Это касается не только стандартных наук, но и вновь формируемых и появляющихся (нанотехнологии, композиционные материалы и т. д.)

Список использованных источников

1. Ларионов, В. В. Ориентированное обучение физике в лабораторном практикуме по механике в технических университетах / В. В. Ларионов. – Преподавание физики в высшей школе. –2006. – № 36. – С. 44–49.

2. Ларионов, В. В. Концептуальные аспекты проблемно-ориентированного обучения в курсе физики технического университета / В. В. Ларионов, И. П. Чернов // Физическое образование в вузах. – 2005. – Т.11. – № 1. – С. 44–49.

3.Масленникова, Л. В. Физическая и техническая картины мира – основа содержания дисциплин естественнонаучного и профессионального циклов: монография / Л. В. Масленникова, Т. В. Корнилова, О. А. Арюкова, Ю. Г. Родиошкина. – Самара: СамГУПС, 2013. – 170 с.

4.Арюкова, О. А. Подготовка при обучении физике в вузе будущих инженеров к применению математического моделирования в профессиональной деятельности: автореф. дис. … канд. пед. наук / О.А. Арюкова. – М. : МПГУ, 2012. – 26 с.

References

1. Larionov V.V. Oriented teaching physics in laboratory practice IU the mechanics at the technical universities. Moscow, Moscow state pedagogical University. The teaching of physics in high school., 2006, 36, 44–49.

2. Larionov V.V., Chernov I.P. Conceptual aspects of problem oriented education in the course of physics of technical Universityt. Physical education in universities, 2005, 11, 1, 44–49.

3. Maslennikova L.V., Kornilova T.V., Arykov O.A., Rodichkina Y.G. Physical and technical picture of the world – the basis of the content of the disciplines of science and professional cycles. Samara,SamGUPS, 2013, 170 p.

4. Arykova O.A. Preparation for teaching physics in high school future engineers to use mathematical modeling in professional activity. Author. dis. kand. PED. Sciences. Moscow, Moscow state pedagogical University, 2012, 26.

Поступила 01.09.17 г.

УДК 004.92
ББК 74.4

Вознесенская Наталья Владимировна
кандидат педагогических наук, доцент
кафедра информатики и вычислительной техники
ФГБОУ ВО «Мордовский государственный педагогический институт
имени М. Е. Евсевьева», Саранск, Россия
voznesenskaya.n@gmail.com

Базаркин Александр Федорович
кандидат технических наук, старший преподаватель
кафедра информатики и вычислительной техники
ФГБОУ ВО «Мордовский государственный педагогический институт
имени М. Е. Евсевьева», г. Саранск, Россия
systemhoster@yandex.ru

Дедина Мария Семеновна
студентка 5 курса физико-математического факультета
ФГБОУ ВО «Мордовский государственный педагогический институт
имени М. Е. Евсевьева», г. Саранск, Россия
dedina-masha@rambler.ru

ОБУЧЕНИЕ ОСНОВАМ 3D МОДЕЛИРОВАНИЯ В СРЕДЕ BLENDER*

Аннотация: В статье рассматриваются основы обучения трехмерному моделированию в среде Blender . Показана возможность быстрого изучения основ 3D моделирования на примере практического (упражнений) занятия. Рассмотрены основные этапы разработки 3D модели.

Ключевые слова: 3D модель, обучение, моделирование, Blender.

Voznesenskaya Natalya Vladimirovna
Candidate of pedagogical Sciences, Docent
Department of computer science and engineering
Mordovian State Pedagogical Institute, Saransk, Russia

Bazarkin Aleksandr Fedorovich
candidate of technical Sciences, senior lecturer
Department of computer science and engineering
Mordovian State Pedagogical Institute, Saransk, Russia

* Работа выполнена в рамках проекта «Обучение тьюторов ЦМИТ организации проектной деятельности учащихся и студентов в области 3D моделирования и робототехники», реализуемого при поддержке Фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере (программа поддержки центров молодежного инновационного творчества (III очередь)).

Dedina Marija Semenovna
student of physics and mathematics faculty
Mordovian State Pedagogical Institute, Saransk, Russia

TRAINING FOR THE BASICS OF 3D MODELING IN THE BLENDER ENVIRONMENT

Abstract. The article discusses the basics of learning 3D modeling in a Blender environment. The possibility of a quick study of the basics of 3D modeling is shown on the example of practical exercises. The main stages of 3D model development are considered.

Keywords: 3D model, training, modeling, Blender.

На сегодняшний день знания в области 3D моделирования является очень востребованными в производстве, науке и образовании. Трехмерное моделирование активно используется в науке и промышленности: в системах автоматизации проектных работ, архитектурной визуализации, в современных системах медицинской визуализации, в современных компьютерных играх, а также как элемент кинематографа, телевидения, рекламы, и печатной продукции. Поэтому актуальна задача обучения основам трехмерного моделирования. В статье рассмотрена возможность быстрого изучения основ трёхмерного моделирования, практикуемого ЦМИТ «Мир-3D» в среде Blender.

3D-визуализация (3D моделирование) представляет собой создание реалистичных объектов в трехмерном пространстве при помощи специализированых программ и аппаратных средств. Одним из самых распространенных средств для 3D моделирования является свободный пакет трехмерной графики Blender. Он используется для 3D-анимации, графики и художественных эффектов как начинающими, так и профессиональными моделлерами [1].

Для быстрого изучения основ 3D моделирования в среде Blender можно рассмотреть создание модели чашки. Предварительно необходимо рассмотреть интерфейс Blender, сделать акцент на основные элементы и механизмы управления (взаимодействия). После запуска программы мы можем наблюдать следующий вид (рис. 1).

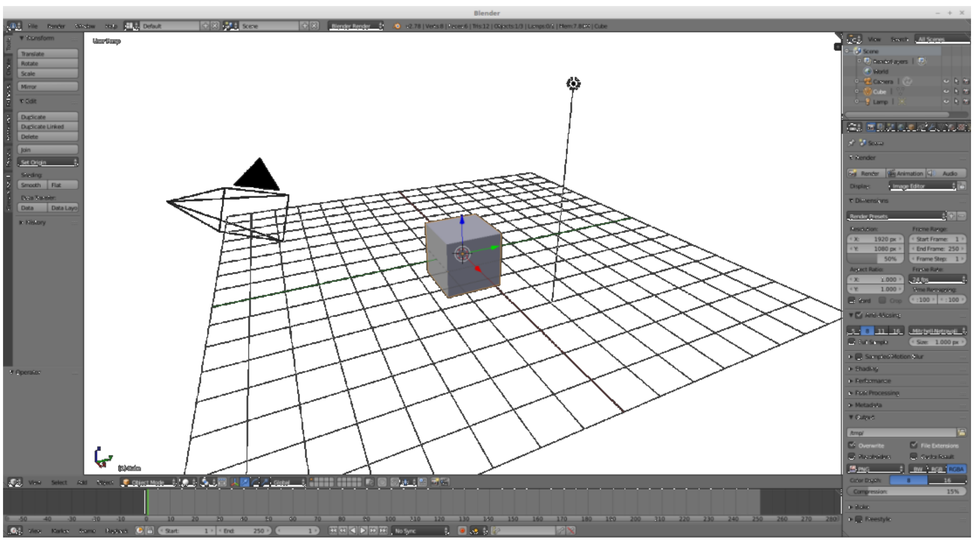


Рис. 1. Главное окно Blender

В окне среды можно увидеть сцену, состоящую из куба, лампы и камеры. Куб – это стандартный меш-объект, присутствует в сцене при запуске Blender, лампа необходима для освещения сцены, камера – для определения точки отображения сцены. На данном этапе необходимо разъяснить основную терминологию. Например, Сцена – это набор элементов для визуального представления явления или события, как сцена в художественном фильме. Объекты компьютерной графики являются абстрактным математическим представлением реальности, поэтому их называют виртуальными объектами, а не реальными. Сцена содержит определения внешнего вида объектов на основании их поверхностных свойств, виртуального освещения, расположения камер и т. д. [2].

Необходимо пояснить, что сцена, созданная в программе Blender, это далеко еще не изображение. Чтобы получить из сцены графический файл необходимо осуществить рендринг сцены.

Формирование изображения по созданной сцене называется *рендерингом* (отрисовкой).

Первоначально на сцене присутствуют три объекта (куб, камера и лампа). Их можно передвигать, менять угол наклона и др.

Создаются объекты в Blender различными способами, одним из которых является изменение mesh-объектов (набор вершин и многоугольников, определяющих форму трёхмерного объекта). Для изменения mesh-объектов предусмотрено множество инструментов, одним из которых является инструмент Extrude. Инструмент Extrude позволяет *экструдировать* – изменять mesh-объекты в режиме редактирования за счет создания копий вершин, ребер и граней и их последующего перемещения, а также изменения размеров. Находясь в режиме редактирования, можно выбрать каждую вершину индивидуально. Выделять можно как вершины, так ребра и грани в зависимости от установленных настроек. Настройки режима выбора находятся в нижней части 3D-окна.

Далее изучение основ 3D-моделирования следует рассмотреть на примере создания модели. Прежде чем приступить к созданию проекта, следует удалить объект «куб» в открывшемся окне.

Для добавления объекта необходимо нажать сочетание клавиш «Shift+A» и выбрать Mesh-объект Circle. Все грани «Circle» по умолчанию выделены, чтобы снять выделение нажимаем на клавишу «A».

Далее для придания объема произведем экструдирование граней вовнутрь. Нажимаем на клавиатуре клавиши «E» и «S», масштабируя грани в середину. То же самое делаем и для нижней грани чашки.

Для чашки необходима ручка. Выходим из режима прозрачности при редактировании и переходим в режим редактирования полигонов. Переключаемся на вид сбоку, выбирая несколько полигонов.

Выполняя те же действия что и при преобразовании чашки, экструдируем, масштабируем и перемещаем. Продолжаем экструдировать до тех пор, пока не получится некоторое подобие ручки (рис. 2).

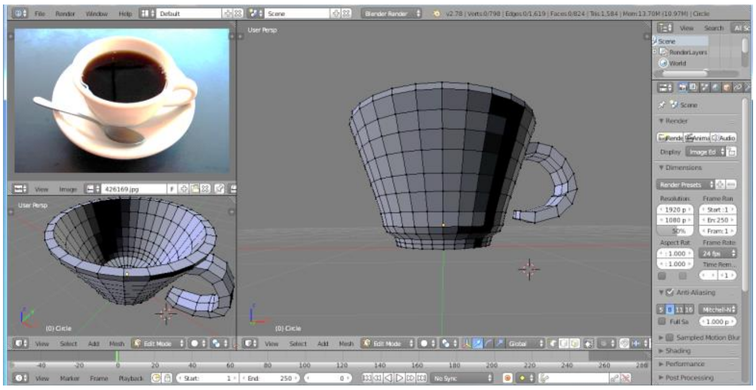


Рис. 2 Экструдирование ручки

Законченный вариант ручки представлен на рисунке 3.

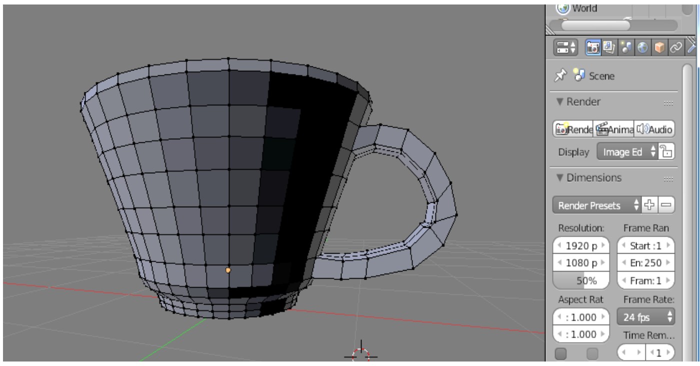


Рис. 3. Присоединение ручки к чашке

Далее выполняют сглаживание объекта, затем добавляют эффект пространства, размещая чашку на столе.

Добавим плоскость: Shift+A и выбираем объект – Plane. Затем выбирают и настраивают источник света.

Результат изменения параметров яркости представлен на рисунке 4.

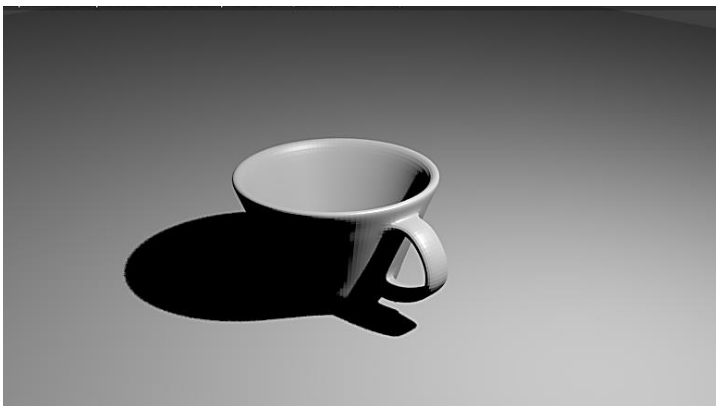


Рис. 4. Рендеринг после изменения параметров яркости

После добавления «окружающего света» получим изображение на рисунке 5.

Рис. 5. Добавление окружающего света с помощью параметра Ambient Occlusion

Выделяем объект и переходим в закладку материалов для настройки ее внешнего вида. После окончательного рендеринга изображение примет вид (рис. 6).

Рис. 6. Рендеринг объекта

Для воссоздания полноценной сцены для объекта используют карты окружения. Их можно найти на сайте http://www.pauldebevec.com/Probes.

Рендерим наш объект (рис. 7).

Рис. 7. Модель с добавлением карты окружения

Чтобы стол не сливался с чашкой, создаем новый материал для поверхности, и задаем цвет (рис. 8).

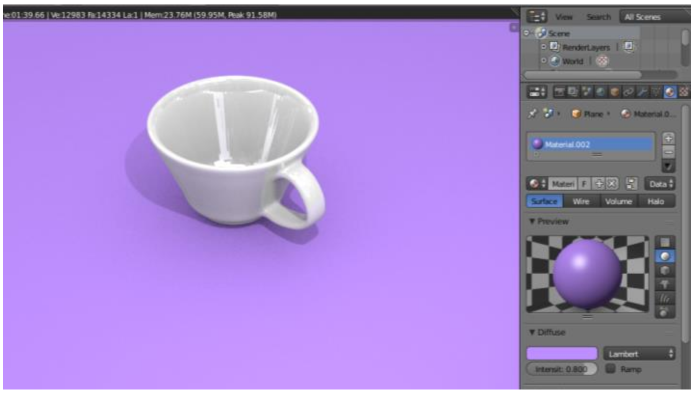


Рис. 8. Добавление цвета на поверхность стола

Трехмерная компьютерная графика в наше время доступна для изучения каждому. Уже на первых занятиях 3D-моделирования учащиеся при небольшой помощи преподавателя смогут создать модель чашки, а изучив интерфейс, горячие клавиши программы можно рассмотреть и более сложные объекты, например, лампочка. Еще одним из преимуществ Blender является наличие богатой документации в сети Интернет, что, несомненно, способствует быстрому получению и усвоению материала.

Список использованных источников

1. Home of the Blender project – Free and Open 3D Creation Software [Электронный ресурс] – Режим доступа: www.blender.org (дата обращения: 10.09.2017).

2. Росс Э., Баусквит М. Освоение Autodesk 3ds max 5. 3D Studio MAX / Э. Росс, М Баусквит. – М. : Вильямс, 2004. – 772 с.

3. Прахов, А. А. Самоучитель Blender 2.7 / А. А. Прахов. – СПб. : БХВ-Петербург, 2016. – 400 с.

4. Кронистер, Д. Blender Basics / Перевод: Ю. Корбут, Ю. Азовцев. – 153 с.

5. Вознесенская, Н. В. Перспективы развития образовательной робототехники в центре молодежного и инновационного творчества «Мир 3D» / Н. В. Вознесенская, А. Ф. Базаркин // Учебный эксперимент в образовании. – № 2(78). – 2016. – С. 34–40.

References

1**.** Home of the Blender project - Free and Open 3D Creation Software [Electronic re source] URL: www.blender.org (date accessed: 10.09.2017).

2. Ross E., Bousquet M. Mastering Autodesk 3ds max 5. 3D Studio MAX. Moscow, Williams, 2004, 772.

3. Prakhov, A.A. Blender 2.7 Tutorial. – SPb., Cisco press, 2016, 400 p.

4. Cronister D. Blender Basics. Translation: Yuri Korbut, Yu. Azovtsev, 153 p.

5. Voznesenskaya N.V., Bazarkin A.F. Prospects for the development of educational robotics at the center for youth innovative creativity "3D World". Uchebnyj experiment v obrazovanii, 2(78), 2016, 34–40.

Поступила 01.09.17 г.

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 537(045)
ББК 31.232

Кузьмичев Николай Дмитриевич
доктор физико-математических наук, профессор
Рузаевский институт машиностроения (филиал)
ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет имени Н. П. Огарёва», г. Саранск, Россия
kuzmichevnd@yandex.ru

Васютин Михаил Александрович
кандидат физико-математических наук, доцент
кафедра общенаучных дисциплин
Рузаевский институт машиностроения (филиал)
ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет имени Н. П. Огарёва» г. Саранск, Россия
vasyutinm@mail.ru

Шитов Альмир Юрьевич
аспирант
ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет имени Н. П. Огарёва» г. Саранск, Россия
shishkin92@mail.ru

ТЕМПЕРАТУРНАЯ ЗАВИСИМОСТЬ МАГНИТНОЙ ВОСПРИИМЧИВОСТИ СИСТЕМЫ YBCO-NaNO ПРИ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ

Аннотация. Выполнены исследования магнитной восприимчивости системы YbaCuO-NaNO, полученной твердофазным синтезом в температурном интервале 77–100 К. Получено, что добавление гранул $NaNO_2$ в порошок $YBa_2Cu_3O_7$ при дальнейшем спекании ухудшает сверхпроводящие свойства последнего.

Ключевые слова. Высокотемпературный сверхпроводник (ВТСП), твердофазный синтез, система YBaCuO-NaNO, сверхпроводящие свойства, магнитная восприимчивость, температурная зависимость.

Kuzmichev Nicolay Dmitrievich
Doctor of physico-mathematical Sciences, Professor
Department of Design and Technical Informatics
Ruzaevsky engineering Innstitute (branch)
National Research Ogarev Mordovia State University, Saransk, Russia

Vasyutin Mikhael Alexandrovich
Candidate of physico-mathematical Sciences, Docent
Department of Design and Technical Informatics
Ruzaevsky engineering Innstitute (branch)
National Research Ogarev Mordovia State University, Saransk, Russia

Shitov Almir Yurievich
Graduate
National Research Ogarev Mordovia State University, Saransk, Russia

TEMPERATURE DEPENDENCE OF MAGNETIC SUSCEPTIBILITY OF THE YBCO-NaNO SYSTEM AT LOW TEMPERATURES

Abstract. The magnetic susceptibility of the YBaCuO-NaNO system was studied by the solid-phase synthesis obtained in the temperature range of 77-100 K. It was obtained that the addition of $NaNO_2$ granules to $YBa_2Cu_3O_7$ powder worsens the superconducting properties of the latter upon further sintering.

Keywaords: High-temperature superconductor (HTSC), solid-phase synthesis, YBaCuO-NaNO system, superconducting properties, magnetic susceptibility, temperature dependence.

В 1986 году были открыты высокотемпературные сверхпроводники (ВТСП), чьи критические показатели были выше, чем у классических сверхпроводников. Примером ВТСП является $YBa_2Cu_3O_7$, температура перехода в сверхпроводящее состояние которого составляет 92К. Во всем мире исследователей интересует вопрос о возможности сверхпроводимости при комнатной температуре. Или хотя бы увеличение критических параметров сверхпроводников. Как показали предварительные опыты и ряд теоретических предпосылок, представляет некий интерес исследовать систему YBaCuO-NaNO. В вышеуказанной системе предполагается устойчивая при комнатных температурах антиферромагнитная фаза и сверхпроводящая фаза с критической температурой выше, чем в $YBa_2Cu_3O_{7-x}$. В литературе, по нашим оценкам, практически нет работ, посвященных исследованию сверхпроводимости в системе YBaCuO-NaNO.

Хорошо известно, что соединение $NaNO_2$ (и ряд других соединений аналогичного класса) имеет высокочастотные моды как акустических, так и оптических фононов [1]. Поэтому представляется интересным исследовать систему YBaCuO-NaNO с целью повышения критических сверхпроводящих параметров соединения и понимания роли электрон-фононного взаимодействия и механизма сверхпроводимости в ВТСП.

В разных источниках рассматриваются различные способы повышения критических параметров высокотемпературного сверхпроводника $YBa_2Cu_3O_{6.9}$, который широко используется в практических целях в качестве сверхпроводника второго поколения (2G). С теоретической точки зрения данное исследование так же позволит изучить роль электрон-фононного взаимодействия и антиферромагнетизма в ВТСП.

Существует множество разных технологий приготовления поликристаллических образцов высокотемпературных сверхпроводников. Наиболее распространенной среди них является спекание порошков (твердофазная реакция). Поэтому для исследований при помощи твердофазного синтеза подготовили несколько образцов из смеси $YBa_2Cu_3O_7$ и $NaNO_2$. Исследуемые образцы керамики приготовлялись по следующей технологии. Брали мелкодисперсные порошки веществ $YBa_2Cu_3O_7$ и $NaNO_2$ в различных соотношениях весовой пропорции. Порошки неоднократно тщательно перемешивали и растирали в агатовой ступке. В дальнейшем порошок из гранул $YBa_2Cu_3O_7$ и $NaNO_2$ прессовался в цилиндрических пресс-формах. Диаметр гранул полученного порошка составлял ~ 1 мкм. Полученный таким образом образец имел форму диска (таблетки) диаметром 10 мм и толщиной 3 мм. Прессованные из порошка гранул $YBa_2Cu_3O_7$ и $NaNO_2$ таблетки далее отжигали в муфельной печи в течение нескольких часов при температуре 920°С. Последним этапом было медленное в течение суток охлаждение до комнатной температуры.

Готовые образцы помешались в систему катушек, и погружались в охлаждающую среду (жидкий азот). Измерения проводились в режиме нагрева в парах азота. Для произведения замеров температуры применялись термопара и платиновый термометр [2,3].

Принципиальная блок-схема экспериментальной установки показана на рис. 1.

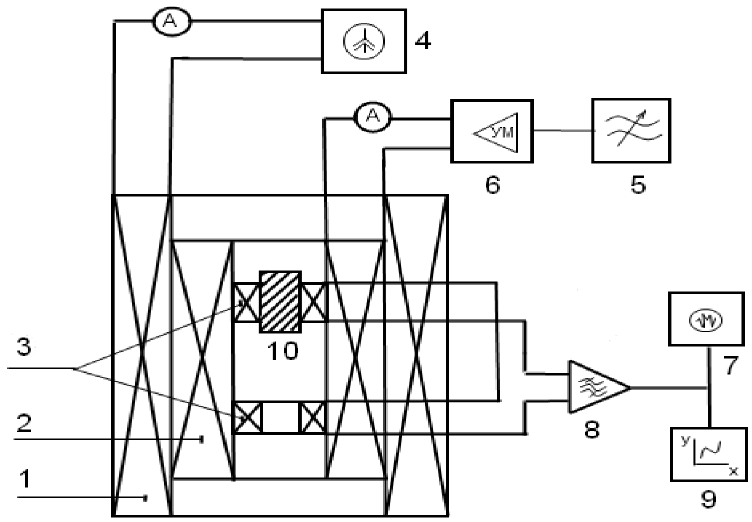


Рис. 1. Блок-схема экспериментальной установки для исследования магнитных свойств ВТСП:
1 – соленоид; 2 – входная катушка; 3 – приемные катушки;
4 – источник постоянного тока для питания соленоида 1; 5 – НЧ генератор;
6 – усилитель мощности; 7 – электроннолучевой осциллограф;
8 – селективный усилитель; 9 – цифровой осциллограф АКС-3107; 10 – образец

В качестве контрольного замера применялся образец №0, полностью состоящий из гранул $YBa_2Cu_3O_7$, который является наиболее изученным. В источниках приведены данные, что точка, при которой данный образец теряет сверхпроводящее состояние, находится приблизительно на отметке в 90–92К. Данный образец имеет массу в 1,0 грамм (≈ 0,0015 моль).

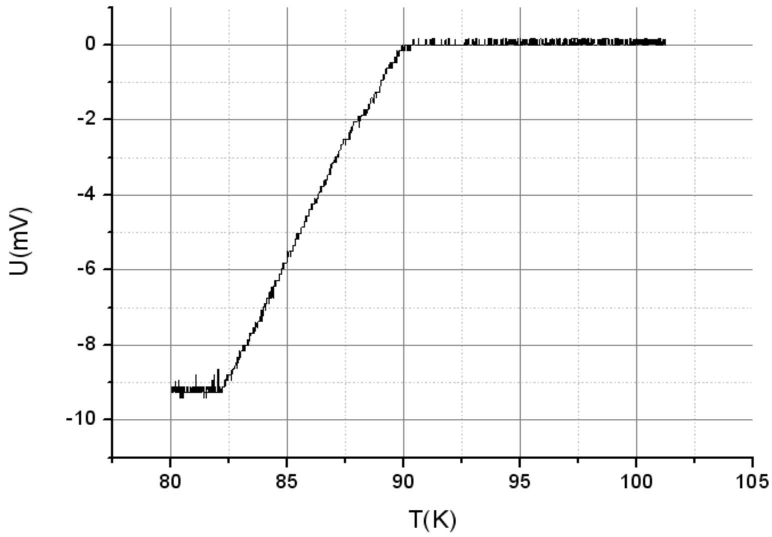


Рис. 2. Температурная зависимость напряжения отклика, пропорционального магнитной восприимчивости контрольного образца №0 $YBa_2Cu_3O_7$

На рисунке 2 представлена зависимость магнитной восприимчивости от температуры. Из зависимости видно, что точка, при которой данный образец теряет сверхпроводящее состояние, находится приблизительно на отметке в 90 К.

Первый образец (№ 1) получали путем смешивания порошков в соотношении $NaNO_2$ – 0,05 г (≈ 0,00072 моль) и $YBa_2Cu_3O_7$ – 0,95 г (≈ 0,00143 моль). Образец запекался в течение пяти часов при температуре 920˚С.

Произведенные замеры данного образца представлены на рисунке 3. На рисунке заметны изменения температурной зависимости напряжения отклика пропорционального магнитной восприимчивости U(T) ~ χ(T). Видно смещение зависимости U(T) приблизительно на 2 К в сторону меньших температур.

Такое смешение порошков в вышеуказанной пропорции приводит к заметной деградации сверхпроводящих свойств.

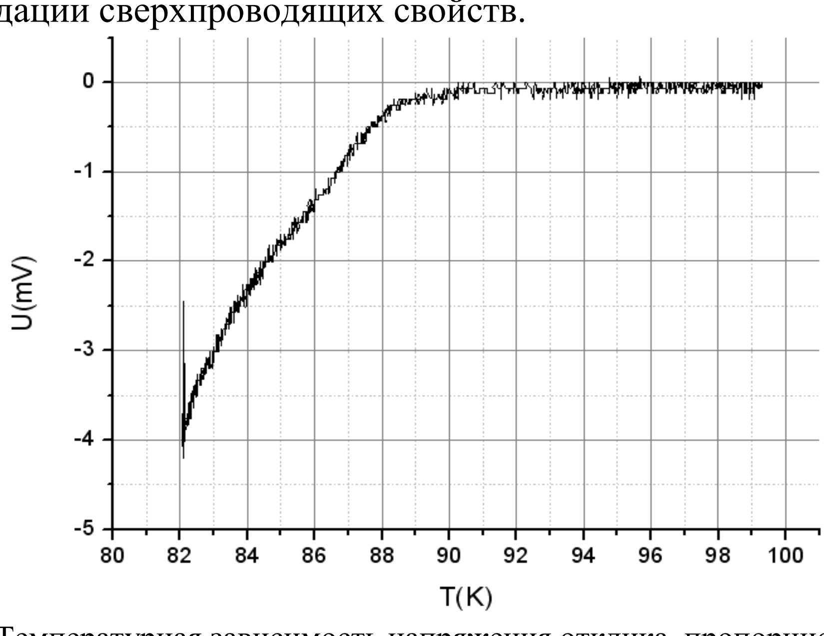


Рис. 3. Температурная зависимость напряжения отклика, пропорционального магнитной восприимчивости образца № 1

На рисунке 4 представлена температурная зависимость магнитной восприимчивости образца № 2.

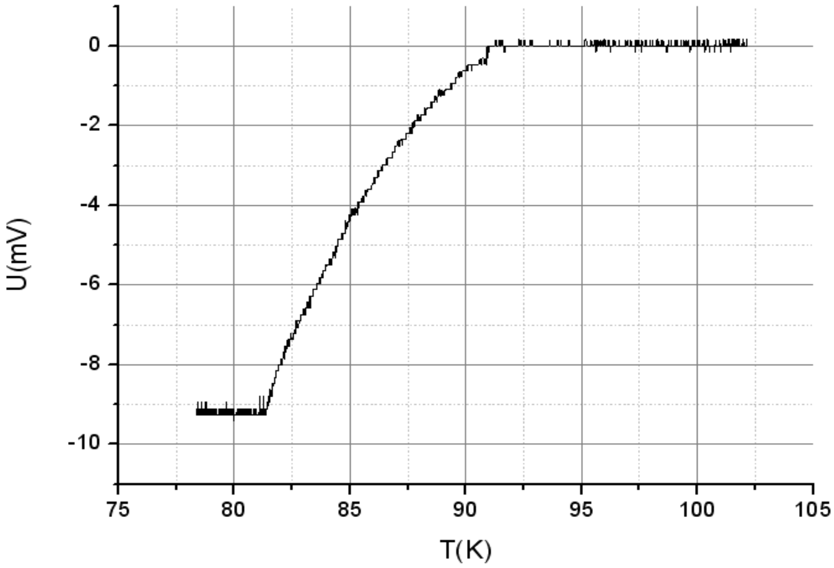


Рис. 4. Температурная зависимость напряжения отклика, пропорционального магнитной восприимчивости образца №2

Образец № 2 состоит из $NaNO_2$ – 0,025 г (0,00036 моль) и $YBa_2Cu_3O_7$ – 0,975 г (0,00146 моль) и запекался в течение пяти часов при температуре 920˚С. На данном графике видны изменения хода кривой U(T). Сместились точки начала и конца перехода. Изменения положения точек конца и начала перехода сравнимы с точность измерения температуры. На рисунке 5 представлена температурная зависимость U(T) (магнитной восприимчивости) образца № 3. Образец №3 состоит из $NaNO_2$ – 0,005 г (0,000072 моль) и $YBa_2Cu_3O_7$ – 0,995 г (0,0015 моль). Также как и остальные образцы, данный образец запекался в течение пяти часов при температуре 920˚С. Малые изменения в форме кривой U(T) присутствуют и на этом графике.

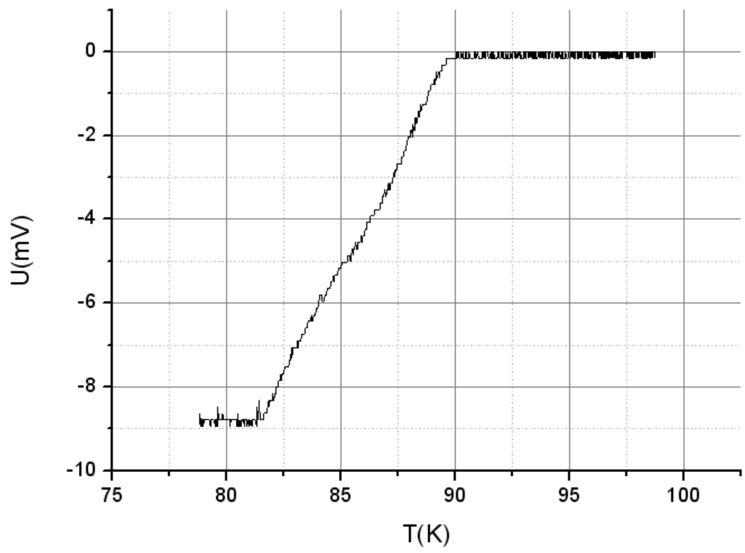


Рис. 5. Температурная зависимость напряжения отклика, пропорционального магнитной восприимчивости образца № 3

В дальнейшем мы провели повторную закалку образца № 2 при температуре 920˚С в течении 4 часов.

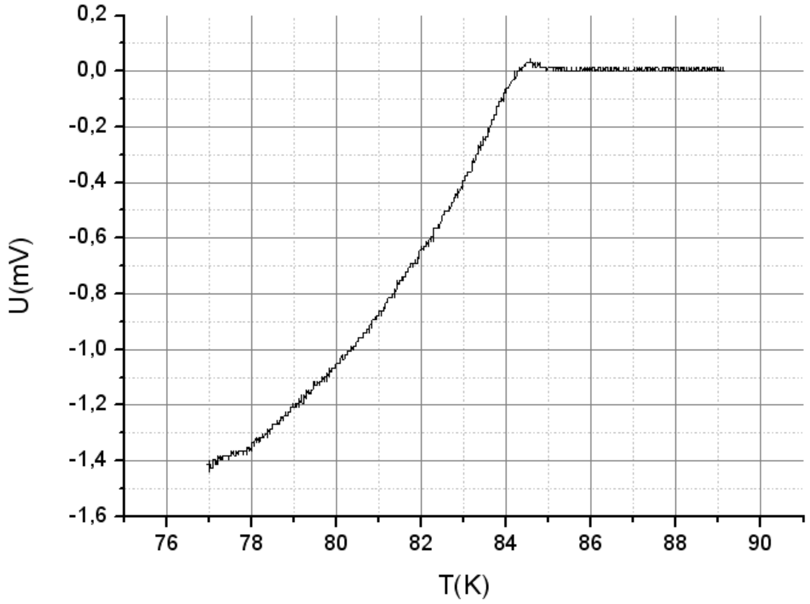


Рис. 6. Температурная зависимость напряжения отклика, пропорционального магнитной восприимчивости образца №2 после повторного спекания

После повторного спекания образца на графике заметны изменения температурной зависимости магнитной восприимчивости в сторону деградации сверхпроводящих свойств.

Таким образом, по проведенным опытам можем сделать предварительный вывод, что изменения сверхпроводящих свойств образцов, вызванных добавкой $NaNO_2$ в $YBa_2Cu_3O_7$ приводят лишь к ухудшению сверхпроводимости в системе по сравнению со сверхпроводимостью чистого $YBa_2Cu_3O_7$. Это, по-видимому, указывает на не фононный механизм сверхпроводимости в ВТСП и в частности в $YBa_2Cu_3O_7$.

Выражаем благодарность В.С. Горелику (Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН, г. Москва, Россия) за помощь в работе.

Список использованных источников

1. Горелик, В. С. Комбинационное рассеяние света в области фазового перехода в кристаллах нитрита натрия / В. С. Горелик, А. Ю. Пятышев, А. С. Крылов // ФТТ. – 2016. – Т. 58, № 1. – С. 163–169.

2. Головашкин, А. И. Исследование нелинейности намагниченности $YBa_2Cu_3O_{7-x}$ методом модуляции магнитного поля / А. И. Головашкин, Н. Д. Кузьмичев, В. В. Славкин // ЖЭТФ. – 2008. Т. 134. – В.4 – С.679–686.

3. Bednorz I.G., Muller K.A. Possible High T_c superconductivity in the Ba-La-CuO system // Z. Phys. – B. 1986. – V.64, № 2. – P.189–194.

References

1. Gorelik VS, Pyatyshev A.Yu., Krylov A.S. Raman scattering in the region of phase transition in sodium nitrite crystals.FTT, 2016, 58, 1, 163–169.

2. Golovashkin A.I., Kuzmichev N.D., Slavkin V.V. Investigation of the nonlinearity of the magnetization of YBa2Cu3O7-x by the magnetic field modulation method.JETP, 2008,134,4 679–686.

3. Bednorz I.G., Muller K.A. Possible High T_c superconductivity in the Ba-La-CuO system. Z. Phys. B.1986.V.64, № 2. P.189-194.

Поступила 15.07.17 г.

УДК 621.372.632
ББК 32.844–02

Бабенко Валерий Павлович
кандидат технических наук, доцент
кафедра теоретической радиотехники и радиофизики
ФГБОУ ВО «Московский технологический университет» (МИРЭА), г. Москва, Россия
babenko@mirea.ru

Битюков Владимир Ксенофонтович
доктор технических наук, профессор
кафедра теоретической радиотехники и радиофизики
ФГБОУ ВО «Московский технологический университет» (МИРЭА), г. Москва, Россия
bitukov@mirea.ru

ОСОБЕННОСТИ МОДЕЛИРОВАНИЕ MOSFET КЛЮЧЕЙ В ELECTRONICS WORKBENCH

Аннотация. Предложена методика и выполнено моделирование и исследование статических и динамических параметров модели MOSFET из библиотеки программы Electronics Workbench. Проведена верификация измеренных параметров со справочными данными для MOSFET IRF1010n фирмы International Rectifiers.

Ключевые слова: силовой ключ, MOSFET, схемотехническое моделирование, сопротивление канала, входная емкость, эффект Миллера, драйвер MOSFET ключа.

Babenko Valery
Candidate of Technical Sciences, professor
Department of Theoretical Radio Engineering and Radio Physics
Federal State Budget Educational Institution of Higher Education
«Moscow Technological University», Moscow, Russia

Bityukov Vladimir
Doctor of Technical Sciences, professor
Department of Theoretical Radio Engineering and Radio Physics
Federal State Budget Educational Institution of Higher Education
«Moscow Technological University» Moscow, Russia

SPECIAL FEATURES OF SIMULATION OF MOSFET SWITCHES IN ELECTRONICS WORKBENCH

Abstract. A procedure is proposed and the performance of simulation and investigation of static and dynamic parameters of the MOSFET model is realized, from the Electronics Workbench components. The measured parameters are compared with the reference data for MOSFET IRF1010n of International Rectifiers.

***Keywords**:* power switch, MOSFET, circuit simulation, channel resistance, input capacitance, Miller effect, MOSFET switch driver.

Силовая электроника является одним из быстро развивающихся научных направлений. Проектирование преобразовательных устройств, отвечающих современным тактико-техническим требованиям, связано с всесторонним анализом процессов, протекающих в разрабатываемой электронной схеме расчетным путем и компьютерным моделированием [1]. Обычно для моделирования используются прикладные пакеты, в основе которых лежит программа Pspice, которая является наиболее известной модификацией программы схемотехнического моделирования SPICE. К этим пакетам относятся Electronics Workbench (EWB), Design Lab, Micro-Cap, OrCAD, LTspice, обладающие несомненными достоинствами по качеству моделирования, универсальности и достоверности [1; 2; 3].

Программа схемотехнического моделирования Electronics Work Bench является, наверное, наиболее удобным и эффективным способом организации лабораторного практикума и широко используется при подготовке специалистов радиоэлектронного профиля в высшей школе. Она отличается удобным и интуитивно понятным интерфейсом, позволяет моделировать аналоговые, цифровые и смешанные цифро-аналоговые электронные схемы. Накоплен значительный опыт и существует обширная литература по использованию EWB в разных областях промышленной электроники [4]. Однако работ, где рассматривались бы вопросы исследования электронных схем преобразовательной техники с помощью программы EWB очень мало и практически отсутствуют работы по моделированию схем силовой электроники на MOSFET транзисторах [5].

Надо отметить, что даже в младших версиях EWB имеется достаточно большая библиотека мощных MOSFET транзисторов фирм International Rectifier и Zetex Semiconductors на токи в десятки ампер и напряжение до сотни вольт.

В программе доступна для редактирования лишь модель MOSFET Ideal с набором в несколько десятков параметров, имеющих мало общего с параметрами, обычно приводимыми в Datasheet. Более того, доступ к опциям моделей MOSFET закрыт и это ограничивает возможность проектирования устройств силовой электроники на их основе.

Для решения отмеченных аспектов был разработан метод, позволяющий уточнить базовые параметры MOSFET ключа из библиотеки прямыми измерениями в среде EWB. Этот метод может быть распространен и на устройства с IGBT транзисторами, которые имеются в старших версиях программы EWB, но не представлены в библиотеке EWB 5.12. Возможности метода показаны на примере n-канального MOSFET транзистора с обратным диодом для работы в ключевом режиме IRF1010n фирмы International Rectifiers. Как отмечено ранее, количественное значение его параметров недоступно в EWB. Это особенно актуально при моделировании соответствующих устройств, особенно в режимах работы, отличающихся от условий, при которых снимались характеристики, приведенные в Datasheet. В таблице 1 приведена краткая информация из

Datasheet по n-канальному MOSFET с обратным диодом для работы в ключевом режиме.

Таблица 1

Параметры MOSFET транзистора IRF1010n

Параметр	Величина	Условия измерения
Напряжение пробоя сток-исток, В	55	min значение
Напряжение на затворе, В	± 20	max значение
Пороговое напряжение, В	2 / 4	min/ max
Сопротивление канала в открытом состоянии, мОм	11	max
Ток стока, А	85	$U_{си}$=10 В
Крутизна характеристики, А/В	32	$U_{си}$=25 В, $I_с$=43 А
Общий заряд затвора, нКл	120	при $I_с$=43 А, $U_{зс}$=10 В, $U_{си}$=44 В
Заряд емкости затвор-сток (Миллера), нКл	41	
Заряд емкости затвор-исток, нКл	19	
Время задержки включения, нс	13	$E_п$=28 В, $R_з$=3,6 Ом, $I_с$=43 А, $U_{зи}$=10 В
Время задержки выключения, нс	39	
Время включения, нс	76	
Время выключения, нс	48	
Рассеиваемая мощность, Вт	180	с дополнительным охлаждением

В табл. 1 приняты следующие обозначения: $E_п$ – напряжение источника питания ключа, $R_з$ – сопротивление в цепи затвора (внутреннее сопротивление схемы управления ключом), $U_{си}$ – напряжение сток-исток, $I_с$ – ток стока, $U_{зс}$ - напряжение затвор-сток.

Ниже описана процедура измерения соответствующих параметров модели транзистора из библиотеки EWB.

Моделирование статических характеристик MOSFET ключа

Вольт-амперные характеристики (ВАХ) являются аналоговыми параметрами, но они необходимы и при анализе переходных процессов, когда в момент переключения MOSFET ключ кратковременно находится в промежуточном (аналоговом) состоянии.

Для моделирования статических характеристик MOSFET была собрана ключевая схема (рис. 1) на транзисторе Q1, коммутирующем ток $I_с$, протекающий через резистор (нагрузку) R1 от источника питания V1. Источник напряжения V2, подключенный к затвору, управляет током стока.

Учитывая особенности EWB [6], что при моделировании в режиме Analysis в качестве выходного сигнала может быть только напряжение, для контроля тока стока $I_с$, протекающего через транзистор Q1, использован преобразователь ток-напряжение V3 из библиотеки Sources (Current Controlled Voltage Source). Датчик тока преобразователя включен последовательно в цепь измерения тока. Нагрузкой выходного источника напряжения преобразователя является резистор R2. Значение выходного напряжения $U_{вых\_пр}$ этого преобразователя (напряжение на резисторе R2) связано с измеряемым током $I_{изм}$ выражением

$U_{вых\_пр}$=R·$I_{изм}$, где R – коэффициент пропорциональности. Он имеет размерность сопротивления и задается в поле ввода Transresistance (переходное сопротивление). Размерность R может быть выражена в мОм, Ом или кОм. В схеме, показанной на рис. 1, величина коэффициента пропорциональности выбрана для удобства равной 1 Ом, то есть R=1 Ом. При этом значение напряжения на резисторе R2 численно равно значению тока стока $I_с$.

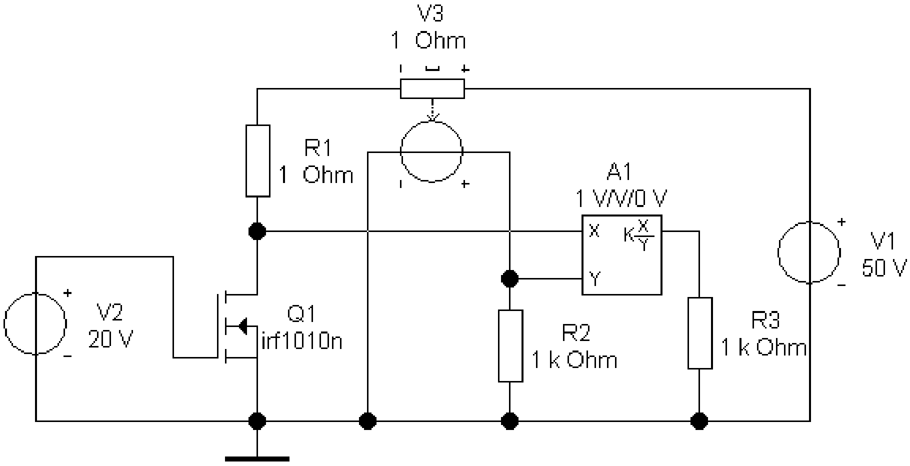


Рис. 1. Схема для моделирования статических характеристик MOSFET ключа

Значение напряжения питания V1 и сопротивления нагрузки R1 выбраны из условия обеспечения режима, близкого к условиям измерения в Datasheet. Для работы в ключевом режиме важным параметром MOSFET является сопротивление канала $R_{си}$ открытого транзистора.

Чтобы обеспечить прямое измерение сопротивления канала $R_{си}$ открытого транзистора, определяемого как отношение напряжения на стоке открытого транзистора $U_{си}$ к току стока $I_с$ по формуле $R_{си}=U_{си}/I_с$, использован функциональный блок Divider A1 из библиотеки Controls, выполняющий операцию деления сигнала двух сигналов U_x и U_y, подаваемых на входы X и Y (рис. 1). Выходным напряжением Divider является напряжение на резисторе R3 в соответствии с выражением $U_{R3}=k \cdot U_x/U_y$, где k – коэффициент, $U_x = U_{си}$ и $U_y= I_с$.

Значение сопротивления резисторов нагрузки преобразователей R2 и R3 не существенны, но они необходимы, чтобы создать узел схемы, с которого снимается сигнал при моделировании. Параметры Divider, указанные под позиционным обозначением 1V/V/0V на рис. 1 означают, что усиление по входам X и Y единичное (коэффициент k=1) и подставка постоянного напряжения равна 0 V. При этом значение напряжения на резисторе R3 будет численно равно значению сопротивления канала транзистора, рассчитанному по формуле $R_{си}=U_{си}/I_с$ и выраженному в Ом.

Моделирование проводилось в режиме Analysis/DC Sweep. Выходным параметром выбиралось напряжение в контролируемых точках схемы:

– напряжение на резисторе R2 соответствует току стока $I_с$, протекающего через канал транзистора при моделировании стоко-затворной (проходной) характеристики при R1=0. Варьируемым параметром является напряжение $U_{зи}$;

– напряжение на стоке транзистора при моделировании передаточной характеристики при R1=1 Ом. Варьируемым параметром является напряжение $U_{зи}$;

–напряжение на резисторе R3 при моделировании влияния на сопротивление канала открытого транзистора от напряжения на затворе при R1=1 Ом. Варьируемым параметром является напряжение $U_{зи}$;

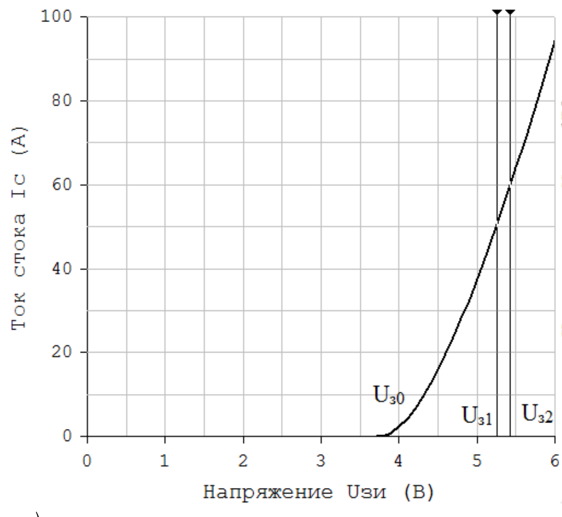
–напряжение на резисторе R2 при моделировании выходных вольт-амперных характеристик при R1=1 Ом. Варьируемым параметром является напряжение $U_{си}$.

На рис. 2*а* и рис. 2*б* репером отмечено пороговое напряжение $U_{з0}$ включения транзистора (Gate Threshold Voltage из Datasheet). Это напряжение, при котором происходит открытие проводящего канала, и он начинает пропускать ток между стоком и истоком. Для исследуемого транзистора IRF1010n значение $U_{з0}$=+3,8 В.

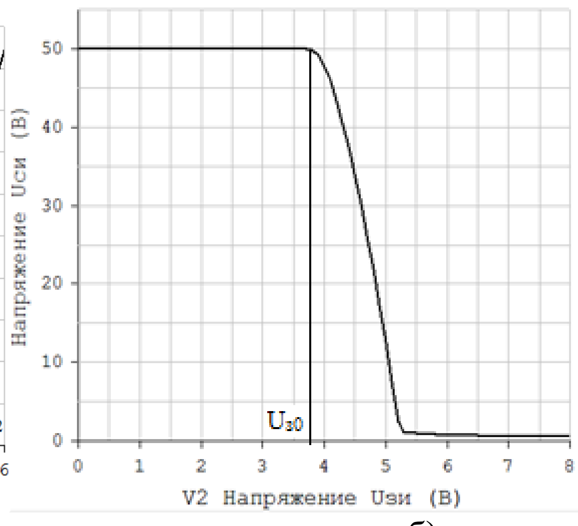
Для измерения крутизны характеристики S (Forward Transconductance из Datasheet) на графике рис. 2*а* реперами $U_{з1}$ и $U_{з2}$ выделен участок ВАХ при токе стока $I_с$ около 48 А (условие измерения данных, приведенные в Datasheet). При этом открывается цифровое окно, приведенное на рис. 2*а* с отображением значений графика в координатах реперов по осям X и Y – x1, x2, y1, y2, а также величины приращений по этим осям dx=x2-x1 и dy=y2-y1. Благодаря цифровому окну было измерено с малой погрешностью значение крутизны характеристики $S= dy/dx =\Delta I_с/\Delta U_{зи}$=50,6 А/В.

На рис. 2*в* представлена зависимость сопротивления канала открытого транзистора от напряжения на затворе $U_{зи}$. И хотя ток стока увеличивается при превышении напряжения на затворе выше порогового $U_{з0}$=+3,8 В, сопротивление канала при этом достаточно велико и уменьшается до приемлемого уровня 12 … 8 мОм, когда напряжение $U_{зи}$ поднимается выше +7 В. Это накладывает особые требования на схему управления ключом.

При построении графиков учтены рекомендации [7].

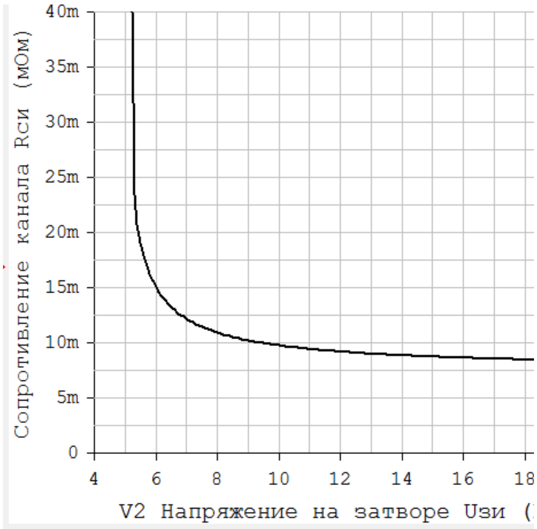


а)

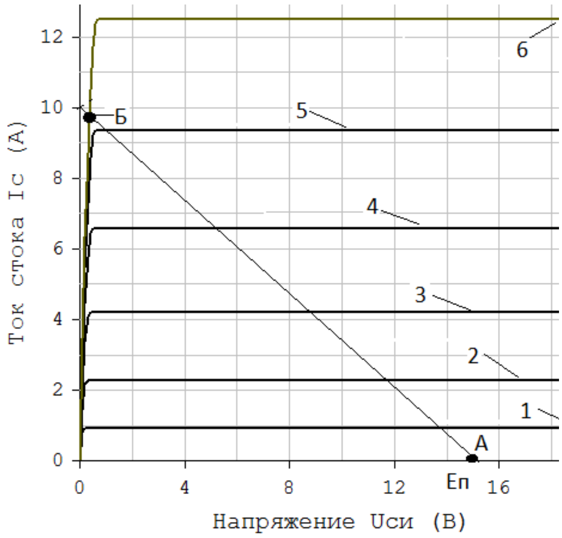


б)

Рис. 2. Характеристики ключа: а) стоко-затворная (проходная); б) передаточная



в)



г)

Рис. 2. Характеристики ключа: *в*) зависимость сопротивления канала $R_{си}$ открытого транзистора от напряжения на его затворе; *г*) выходная ВАХ: 1 – $U_{зи}$=+3,9 В; 2 – $U_{зи}$=+4,0 В; 3 – $U_{зи}$=+4,1 В; 4 – $U_{зи}$=+4,2 В; 5 – $U_{зи}$=+4,3 В; 6 – $U_{зи}$=+4,4 В

Представляет интерес семейство выходных ВАХ: зависимости тока стока $I_с$ от напряжения $U_{си}$ при разных напряжениях на затворе (рис. 2, *г*). Из-за высокой крутизны S характеристики транзистора исследование ограничилось узким диапазоном напряжения на затворе $U_{зи}$ = (+3,9 … +4,3) В.

Нагрузочная характеристика представлена для сопротивления нагрузки $R_н$=1 Ом линией АБ. В точке А транзистор заперт, ток стока $I_с$=0, напряжение на стоке $U_{си}$ практически равно напряжению питания, которое в данном эксперименте выбрано V1=+15 В.

В точке Б транзистор открыт, ток стока максимальный, практически равен $I_{с\,max}$= $E_п/R_н$, напряжение $U_{си}$= $I_{с\ max}\cdot R_н$. Обращает внимание неравномерность расположения горизонтальных участков характеристик при разных напряжениях на затворе, что связано с нелинейностью проходной вольт-амперной характеристики.

По результатам моделирования, было измерены следующие параметры:

– значение порогового напряжения $U_{з0}$ открывания транзистора $U_{з0}$=+3,8 В (стоко-затворная (проходная) характеристика, показанная на рис. 2, *а*);

– значение напряжения на затворе ключа должно быть не менее $U_{зи}$=+4,7 В для обеспечения максимально допустимого тока стока (по Datasheet) $I_{с\ доп}$=50 А (рис. 2, *а*);

– значение крутизны характеристики (Forward Transconductance) $S=\Delta I_с/\Delta U_{зи}$=50,6 А/В при токе стока $I_с$=48 А (рис. 2, *а*);

– значение сопротивления канала $R_{си}$ открытого транзистора (Static Drain-to-Source On-Resistance) составило $R_{си}$=8 … 12 мОм (рис. 2, *а*).

В таблице 2 представлены измеренные значения параметров MOSFET транзистора IRF1010n и его параметры из Datasheet.

Таблица 2

Значения измеренных и справочных параметров MOSFET транзистора IRF1010n

Параметры	Измеренные	Данные Datasheet
Пороговое напряжение, В	3,8	2 … 4
Сопротивление канала в открытом состоянии, мОм	8 … 12	11
Крутизна характеристики, А/В	50	32 (минимальное значение)

Видно, что измеренные параметры MOSFET IRF1010n достаточно хорошо соответствуют данным из Datasheet.

Моделирование динамических характеристик

Быстродействие MOSFET транзисторов в первую очередь определяется скоростью перезаряда паразитных емкостей [8] (рис. 3).

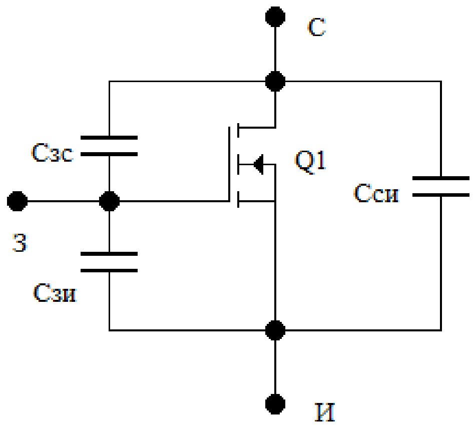


Рис. 3. Паразитные емкости MOSFET транзистора

В технической документации на MOSFET обычно приводятся эквивалентные малосигнальные емкости, содержащие паразитные емкости, показанные на рис. 3: входная $C_з = C_{зи} + C_{зс}$; обратной связи $C_{ос} = C_{зс}$; выходная $C_{вых} = C_{зс} + C_{си}$.

Формат эквивалентных емкостей более удобен для физических измерений, которые обычно проводятся при выключенном транзисторе.

Величина этих емкостей обусловлена в основном конструкцией транзистора и поэтому слабо зависит от температуры и приложенного напряжения. Но при переключении транзистора особую роль играет емкость обратной связи $C_{ос}$. Через нее на затвор действует изменение высокого напряжения на стоке, что эквивалентно увеличению входной емкости.

Эффект влияния емкости обратной связи в ключевых схемах [9] подобен эффекту Миллера, впервые изученного на ламповом триоде Джоном М. Миллером. Суть эффекта в том, что к емкости $C_{зс}$, соизмеримой в статическом режиме с емкостью $C_{зи}$, прикладывается напряжение значительно большее, чем входное управляющее напряжение и поэтому при переключении величина заряда емкости $C_{зс}$, или емкости Миллера, значительно больше заряда емкости

$C_{зи}$. Поэтому в быстродействующих приборах полная динамическая входная емкость больше, чем сумма статических емкостей электродов $C_{вх}= C_{зи}+C_{зс}(1+S\cdot R_н)$, где S – крутизна характеристики, а $R_н$ – сопротивление нагрузки.

Описание явлений, вызванных эффектом Миллера, не дает точной однозначной картины процесса из-за существенной нелинейности емкости обратной связи. Более удобным параметром является интегральный параметр - заряд затвора $Q_з$, имеющий определенный физический смысл. Это заряд, который требуется для включения транзистора [10]. Он измеряется в нанокулонах (нКл). В определенной степени заряд зависит от режима работы ключа.

Зная заряд затвора $Q_з$, несложно рассчитать по формуле $I_д= Q_з / t_{вкл}$ необходимый ток драйвера $I_д$, обеспечивающий коммутацию транзистора за время $t_{вкл}$. Например, транзистор с $Q_з$=100 нКл можно включить за 100 мкс током в 1 мА и за 100 нс током в 1 А. Указанный параметр приводится в справочниках, который определяется изготовителем транзисторов экспериментальным путем с обязательным указанием режимов, при которых производились измерения.

Силовая часть схемы для измерения заряда затвора (рис. 4) состоит из ключевого транзистора Q1, нагрузки R1 и источника питания V1. Входная емкость MOSFET $C_{вх}$ заряжается от источника стабильного тока I1, управляемого ключом S1 (Voltage-Controlled Switch). Когда ключ S1 разомкнут, то ток I1 заряжает входную емкость транзистора $C_{вх}$. Когда ключ S1 замкнут, то емкость $C_{вх}$ разряжается на «землю» через сопротивление замкнутого ключа на «землю».

Ключ управляется импульсами генератора V3. Диод D1 подпирается напряжением дополнительного источника постоянного напряжения V4=+19 В и обеспечивает защиту транзистора, чтобы напряжение на затворе $U_{зи}$ не превысило допустимое (по Datasheet Gate-to-Source Voltage=±20 В).

При напряжении $U_{зи} \geq V4+U_{D1}$=19,0 В+0,7 В≈20 В, диод D1 отпирается и фиксирует напряжение на затворе на этом уровне.

Для контроля тока $I_с$ в цепь нагрузки включен преобразователь ток-напряжение V2 Current Controlled Voltage Source с коэффициентом преобразования $K_{пр}=U_{вых}/I_{вх}$=1 В/А=1 Ом.

Резистор R2 является нагрузкой преобразователя.

Моделирование проводилось в режиме Analysis/Transient. При этом снимались временные зависимости напряжений на затворе $U_{зи}$ и на истоке $U_{си}$ и тока стока $I_с$, как напряжение на R2 – нагрузке преобразователя ток-напряжение V2.

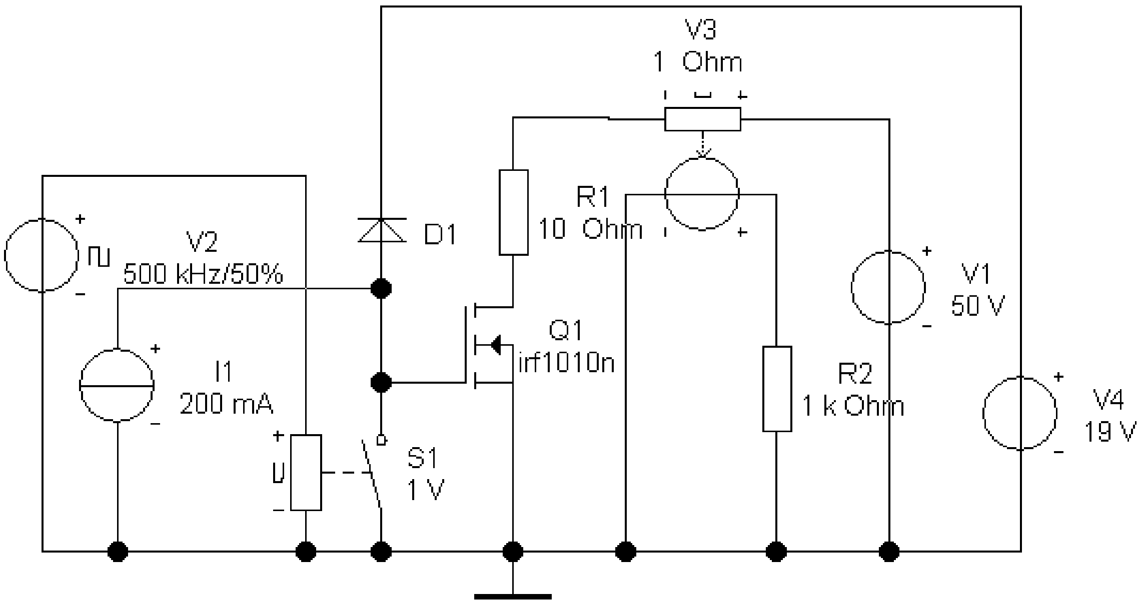
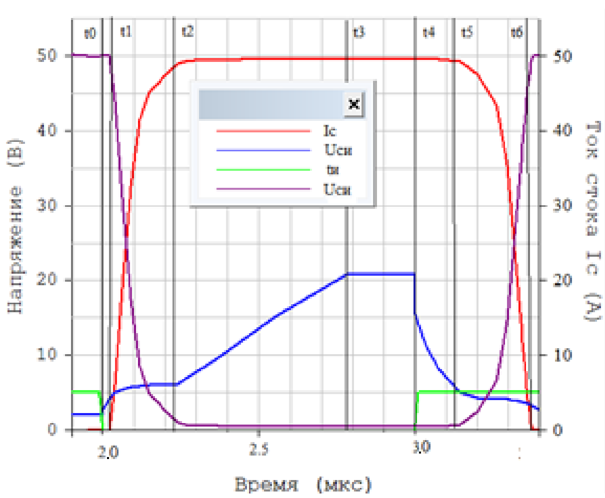
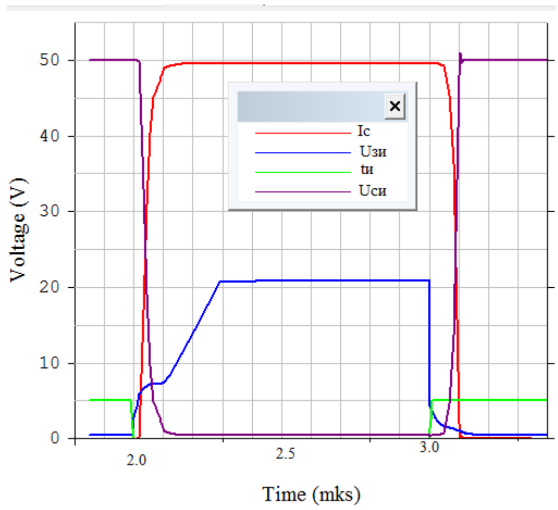


Рис. 4. Схема для исследования динамики MOSFET ключа

Для временной привязки на диаграмму выведен импульс $t_и$ генератора V3 (рис. 5).



а) I1=0,2 А, R_{ON}=10 Ом



б) I1=0,5 А, R_{ON}=1 Ом

Рис. 5. Результаты моделирования динамических характеристик транзистора при токе затвора I1 и сопротивлении ключа S1 – R_{ON}

Некоторые проблемы возникли с выбором типа ключа для моделирования переходных процессов. В EWB для этих целей есть несколько времязадающих компонентов [11]. Однако, они не все пригодны для моделирования. Так элемент Time-Delay Switch, который специально предназначен для подобных исследований и, согласно опциям, может формировать временные интервалы в пикосекундном диапазоне, имеет значительные ошибки переключения. Ключ Voltage-Controlled Switch, как показали исследования, обладает идеальными временными характеристиками и позволяет задавать любую величину сопротивления во включенном состоянии R_{ON}, которое выбрано 10 Ом, что соответствует характерному выходному сопротивлению интегральных драйверов.

Временной интервал, связанный с включением и выключением силового ключа Q1 разбит на отдельные временные фрагменты t0–t6 [12].

В момент t0 ключ S1 размыкается, на графике $t_и$ виден перепад с высокого на низкий уровень, начинается зарядка входной емкости транзистора $C_{вх}$ $=C_{зи}+C_{зс}$ стабильным током генератора I1.

На участке t0–t1 напряжение на затворе $U_{зи}$ растет по линейному закону до порогового напряжения $U_{з0}$. Транзистор остается запертым, ток стока $I_{си}$=0.

На этапе t1–t2 транзистор отпирается и переходит в активный усилительный режим. На этом этапе перезаряд $C_{вх}$ замедляется за счет действия отрицательной обратной связи (эффект Миллера). На диаграмме $U_{зи}$ появляется пологий участок – плато Миллера. Через транзистор протекает ток, но сопротивление канала еще высокое.

На этапе t2–t3 емкость Миллера полностью перезаряжена, транзистор полностью открыт, напряжение на стоке $U_{си}$ минимальное, ток стока $I_с$ максимальный, сопротивление канала минимальное. Скорость заряда входной емкости $C_{вх}$ приблизительно такая же, как на участке t0–t1.

На этапе t3–t4 открывается фиксирующий диод D1, ограничивающий напряжение на затворе. На графике $U_{зи}$ горизонтальный участок характеристики, обусловленный фиксирующим действием диода.

В момент t4 ключ S1 замыкает цепь затвора на землю, на диаграмме $t_и$ появляется перепад от низкого уровня до высокого, начинается процесс выключения силового ключа Q1.

На этапе t4–t5 входная емкость разряжается через сопротивление открытого ключа S1 – R_{ON}=10 Ом по экспоненциальному закону до напряжения плато Миллера. При включении и выключении уровни плато Миллера отличаются. Транзистор открыт и находится в активном режиме, протекает значительный ток стока $I_с$, напряжение на стоке $U_{си}$ высокое.

В момент t5 напряжение на затворе снижается до уровня плато Миллера, начинает снижаться ток стока $I_с$, начинает расти напряжение на стоке $U_{си}$, транзистор переходит в активный режим.

На этапе t5–t6, включается отрицательная обратная связь, резко растет емкость Миллера, замедляется скорость разряда входной емкости, появляется на графике $U_з$ пологий участок – плато Миллера. Ток стока значительный, сопротивление канала высокое, напряжение на затворе достигает порогового значения $U_{зи}=U_{з0}$.

После момента t7 начинается разряд входной емкости от порогового значения $U_{з0}$ до нуля, транзистор заперт, ток стока $I_с$ падает до нуля, напряжение на стоке $U_{си}$ достигает напряжения питания.

Обработка результатов моделирования

При обработке результатов моделирования особенно информативным является интервал времени, когда происходит заряд входной емкости затвора стабильным током t1–t4, при этом напряжение на емкости изменяется по линейному закону. Несложно определить значение входной емкости затвора $C_{вх}$ и значение заряда затвора $Q_з$ на разных временных участках диаграммы $U_{зи}$ по следующим формулам [13]:

$$C_{вх}=i_з\cdot\frac{\Delta t}{\Delta U}, \quad Q_з=I_з\cdot\Delta t,$$

где $I_з$– ток затвора (в рассматриваем случае $I_з$=I1). Значение приращения напряжения на затворе ΔU за время Δt определяется на соответствующих участках графика $U_{зи}$.

Оценки значения входной емкости $C_{вх}$ и значения заряда затвора $Q_з$. проводились в разные моменты времени временной диаграммы рис. 3, *а*. Измерения проводились при разных токах затвора I1, которыми заряжалась входная емкость и разных сопротивлениях ключа R_{ON}, через которое разряжалась входная емкость при выключении. Результаты приведены в табл. 3.

Таблица 3

Оценки входной емкости $C_{вх}$ и заряда затвора $Q_з$

Временной интервал / Параметр	t0-t1	t1-t2	t2-t3	Вариант исследования
T, мкс	38	180	535	I1=0,2 A, R_{ON}=10 Ом
	29	57	183	I1=0,5 A, R_{ON}=1 Ом
$C_{вх}$, нФ	3,18	115,5	7,09	I1=0,2 A, R_{ON}=10 Ом
	3,12	121	6,95	I1=0,5 A, R_{ON}=1 Ом
$Q_з$, нКл	15,2	30,3	108	I1=0,2 A, R_{ON}=10 Ом
	15,7	28,5	99	I1=0,5 A, R_{ON}=1 Ом

Из информации, приведенной в таблице 3, можно сделать ряд выводов.

С увеличением тока затвора сокращается время переходных процессов, повышается скорость заряда входной емкости.

Значения входной емкости и заряда затвора практически не зависят от величины тока затвора I1.

Значение входной емкости существенно изменяется в процессе переключения: относительно невелика при запертом транзисторе (t0–t1), резко увеличивается в момент переключения (t1–t2) из-за эффекта Миллера и уменьшается после завершения процесса включения транзистора.

В момент нахождения процесса переключения на плато Миллера (участок t1–t2) значение входной емкости приблизительно в 40 раз превышает значение входной емкости запертого транзистора.

При увеличении тока затвора с 0,2 А до 0,5 А (2.5 раза) длительность плато Миллера сокращается со 180 нс до 57 нс, то есть практически то же в 2,5 раза.

В таблице 4 проведено сопоставление результатов измеренных данных модели MOSFET транзистора INF1010n из библиотеки EWB и данными Datasheet.

Таблица 4

Адекватность параметров транзистора справочных и измеренных

Параметры	**Измеренное значение**	**Данные Datasheet**
Пороговое напряжение, В	3,8	2…4
Сопротивление канала в открытом состоянии, мОм	12....8	11
Крутизна характеристики, А/В	48	32
Заряд емкости затвор-исток, нКл	15	19
Заряд емкости затвор-сток (Миллера), нКл	45	41
Общий заряд затвора, нКл	130	120
Время задержки включения, нс	25,6	13
Время задержки выключения, нс	138	39
Время включения, нс	81	76
Время выключения, нс	65	48

Некоторое расхождение в величинах параметров, измеренных по предложенной методике и данных из Datasheet можно объяснить отличием режимов измерений при моделировании и измерений фирмой изготовителем. Кроме того, реальные приборы обладают широким допуском на параметры в Datasheet.

Список использованных источников

1. Битюков В. К. Источники вторичного электропитания / В. К. Битюков, Д. С. Симачков. – М. : Инфра-Инженерия. 2017. – 326 с.

2. Лурье М. С. Имитационное моделирование схем преобразовательной техники / М. С. Лурье, О. М. Лурье. – Красноярск: СибГТУ. 2007. – 138 с.

3. Болтовский, Ю. Некоторые вопросы моделирования систем силовой электроники / Ю. Болтовский, Г. Тоназлы // Силовая электроника. – 2006. – № 4. – С. 78–83.

4. Бабенко, В. П. Методические особенности моделирования привода в системе EWB / В. П. Бабенко, В. К. Битюков / Фундаментальные и прикладные проблемы физики : Сборник науч. трудов междунар. науч.-тех. конф., Саранск. 2015. – С. 301–307.

5. Бабенко, В. П. Схемотехническое моделирование устройства контроля положения привода в пространстве / В. П. Бабенко, В. К. Битюков, Д. С. Симачков // Электромагнитные волны и электронные системы. – 2016. – Т. 21. – № 4. – С. 11–19.

6. Бабенко, В. П. Методические особенности компьютерного моделирования ШИМ-контроллеров / В. П. Бабенко, В. К. Битюков // Учебный эксперимент в образовании. – 2015. № 2(74). – С. 60–74.

7. Битюков, В. К. Лабораторный практикум по дисциплине «Физические основы преобразовательной техники»: учеб. пособие / В. К. Битюков, Ю. А. Власюк, В. А. Петров, Е. И. Федоров. – М. : МИРЭА. – 2003. – 155 с.

8. George Lakkas MOSFET power losses and how they affect power-supply efficiency// Texas Instruments, Analog Applications Journal, 1Q, 2016, с. 22–28. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.ti.com/lit/an/slyt664/slyt664.pdf.

9. Laszlo Balogh Fundamentals of MOSFET and IGBT Gate Driver Circuits Texas Instruments, Application Report SLUA618, March 2017, Revised SLUP169 April 2002. – 47 p. . – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.ti.com/lit/ml/slua618/slua618.pdf.

10. Ремнев. А. М. Анализ силовых ключей импульсных источников питания / А. М. Ремнев, В. Ю. Смердов // Схемотехника. – 2001. – № 6. – С. 8–11.

11. Бабенко, В. П. Схемотехническое моделирование DC/DC преобразователей / В. П. Бабенко, В. К. Битюков, Д. С. Симачков // Информационно-измерительные и управляющие системы. – 2016. – Т.14. – № 11. – С. 69–82.

12. Конюшенко, И. Основы устройства и применения силовых МОП-транзисторов (MOSFET) / И. Конюшенко // Силовая электроника. – 2011. – № 2. – С. 10–14.

13. Бобрешов, А. М. Схемы управления затворами силовых транзисторов / А. М. Бобрешов, А. В. Дыбой, С. Ватхик, М. С. Куролап // Вестник Воронежского государственного университета, серия: физика, математика. – 2010. – № 2. – С. 189–198.

References

1. Bityukov V.K., Skachkov D.S. Secondary power Sources. Tutorial. Moscwo, Infra-Engineering. 2017, 326 p.

2. Lurie M.S., Lurie, M.O. Simulation modeling of schemes of converters. Krasnoyarsk, Sibgtu, 2007, 138.

3. Boltovskiy Y., Tonali G. Some questions of modeling of power electronics systems. Power electronics,2006, 4, 78–83.

4. Babenko V.P., Bityukov V.K. Methodical peculiarities of modeling of the actuator in the system EWB. Collection of scientific works of international scientific-technical conference "Fundamental and applied problems of physics", Saransk, 2015, 301–307.

5. Babenko V.P., Bityukov V.K., Simakov D.S. Circuit simulation device controls the actuator position in space. Electromagnetic waves and electronic systems, 2016, 21, 4, 11–19.

6. Babenko V.P., Bityukov V.K. Methodological peculiarities of computer simulation of the PWM controller. Uchebnyj experiment v obrazovanii, 2015, 2(74), 60–74.

7. Bityukov V.K., Vlasyuk Y.A., Petrov V.A., Fedorov E.I. Laboratory workshop on discipline "Physical fundamentals of converters". Moscow, MIREA, 2003, 155 p.

8. George Lakkas MOSFET power losses and how they affect power-supply efficiency// Texas Instruments, Analog Applications Journal, 1Q, 2016, p. 22-28. URL: http://www.ti.com/lit/an/slyt664/slyt664.pdf.

9. Laszlo Balogh Fundamentals of MOSFET and IGBT Gate Driver Circuits Texas Instruments Application Report SLUA618, March 2017, Revised SLUP169 April 2002. 47 p. URL: http://www.ti.com/lit/ml/slua618/slua618.pdf.

10. Remnev M.A., Smerdov, V.Y. Analysis of the power switches is switching power supply. Circuit design, 2001, 6, 8–11.

11. Babenko V.P., Bityukov V.K., Simakov D.S. Circuit simulation of DC/DC converters. Information-measuring and control system, 2016, 14, 11, 69–82.

12. Konyushenko I. Basics of the device and application of power MOSFET (MOSFET). Power electronics, 2011, 2, 10–14.

13. Bobreshov A.M., Rack A.C., Vachik S., Kurolap M.S. Of the control circuit of the shutter-mi power transistors. Proceedings of Voronezh state University, series: physics, mathematics, 2010, 2, 189–198.

Поступила 31.08.17 г.

621.315.592(045)
ББК 31.233

Моисеев Николай Владимирович
кандидат физико-математических наук, доцент
кафедра радиотехники
ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет имени Н. П. Огарева», г. Саранск, Россия

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

Королев Валерий Иванович
кандидат технических наук, доцент
кафедра радиотехники
ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет имени Н. П. Огарева», г. Саранск, Россия

ЛАБОРАТОРНЫЙ СТЕНД ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ВОЛЬТАМПЕРНЫХ И ПЕРЕДАТОЧНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ТРАНЗИСТОРНЫХ И ДИОДНЫХ ОПТОПАР»

Аннотация. В статье рассматриваются принцип работы, основные характеристики диодных и транзисторных оптопар и лабораторный стенд для исследования вольтамперных и передаточных характеристик транзисторных и диодных оптопар.

Ключевые слова: оптопара, гальваническая развязка, диодная оптопара, транзисторная оптопара вольтамперная характеристика, передаточная характеристика, лабораторный стенд.

Moiseev Nikolay Vladimirovich
Candidate of physico-mathematical sciences, Docent
Department of radio engineering
National Research Ogarev Mordovia State University, Saransk, Russia

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

Korolev Valeriy Ivanovich
Candidate of technical sciences, Docent
Department of radio engineering
National Research Ogarev Mordovia State University, Saransk, Russia

LABORATORY STAND TO STUDY OF VOLT-AMPERE AND TRANSFER CHARACTERISTICS OF TRANSISTOR AND DIODE OPTOCOUPLERS

Abstract. The article developed the working principle, basic characteristics diode and transistor optocouplers and laboratory stand for the to study volt-ampere and transfer characteristics of transistor and diode optocouplers.

Keywords: optocouplers, galvanic isolation, diode optocouplers, transistor optocouplers, volt-ampere characteristics, transistor characteristics, laboratory stand.

Оптоэлектронные приборы (оптроны) – устройства, излучающие и преобразующие в электрический сигнал излучение в инфракрасной, видимой или ультрафиолетовой областях спектра, или использующие для своей работы электромагнитные излучения, частоты которых находятся в этих областях [1–5]. В оптроне (рис. 1. а, б) имеются элементы, обеспечивающие генерирование оптического излучения, (*источник света 1, управляемый входным сигналом*), его передачу (иммерсионная среда 2, оптически связанная с источником света) и прием (*фотоприемник 3*).

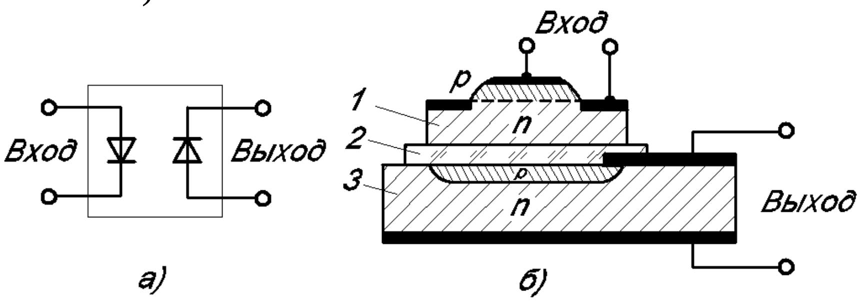


Рис. 1. Схема и технологическое выполнение оптронной пары (оптрона)[3]

Для описания свойств диодных оптопар обычно используются *входные и выходные вольтамперные характеристики*, *передаточные характеристики в фотогенераторном и фотодиодном режимах* [1].

Выходная характеристика оптопары аналогична обратной ветви вольтамперной характеристики фотодиода. Обратный ток практически не зависит от напряжения. При большом напряжении возникает электрический пробой фотодиода.

Передаточная характеристика в фотодиодном режиме представляет собой зависимость выходного тока от входного и практически линейна в широком диапазоне входного тока.

Как элемент связи оптрон характеризуется *коэффициентом передачи* K_i, определяемым отношением выходного и входного сигналов, и максимальной *скоростью передачи информации* F. Практически вместо максимальной скорости передачи информации измеряют *длительности нарастания и спада передаваемых импульсов* $t_{нар(сп)}$ или *граничную частоту* $f_{гр}$.

Возможности оптрона, как элемента гальванической развязки, характеризуются *максимальным напряжением* $U_{разв}$, *сопротивлением развязки* $R_{разв}$ и *проходной емкостью* $C_{разв}$.

Транзисторные оптопары [4] по своим свойствам отличаются от других видов оптронов. Это свойство, прежде всего схемотехнической гибкости:

– коллекторным током можно управлять как по цепи светодиода (*оптически*), так и по базовой цепи (*электрически*);

– выходная цепь может работать и в *линейном* и в *ключевом* режиме.

Механизм внутреннего усиления обеспечивает получение больших значений коэффициента передачи тока K_I, так что последующие усилительные каскады не всегда необходимы. При этом инерционность оптопары не очень велика и для многих случаев вполне допустима.

Выходные токи фототранзисторов значительно выше, чем, например, у фотодиодов, что делает их пригодными для коммутации широкого круга электрических цепей.

Параметрами *гальванической развязки* оптопар (оптрона, как элемента гальванической развязки) являются:

– максимально допустимое пиковое напряжение между входом и выходом $U_{РАЗВ\ П\ MAX}$;

– максимально допустимое напряжение между входом и выходом $U_{РАЗВ\ MAX}$;

– сопротивление гальванической развязки $R_{РАЗВ}$;

– проходная емкость $C_{РАЗВ}$;

– максимально допустимая скорость изменения напряжения между входом и выходом $(dU_{РАЗВ}/dt)_{\max}$.

Структурная схема лабораторного стенда представлена на рис. 2.

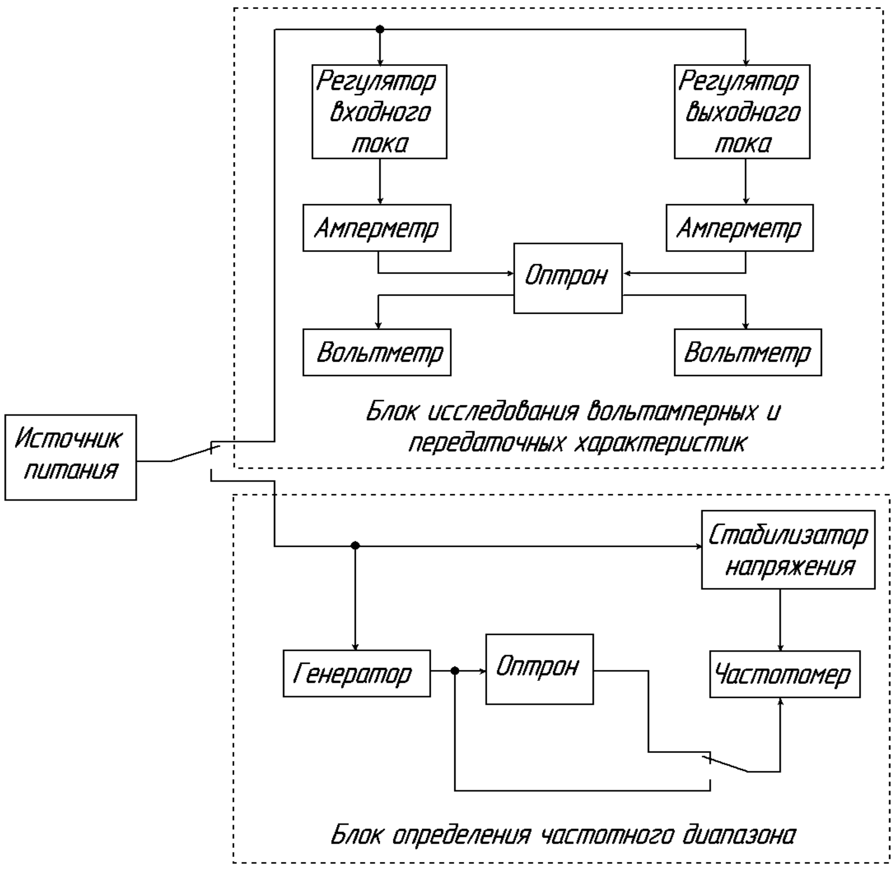


Рис. 2. Структурная схема лабораторного стенда

Лабораторный стенд «Исследование вольтамперных и передаточных характеристик транзисторных и диодных оптопар» включает:

− блок исследования вольтамперных характеристик;
− блок исследования передаточных характеристик;
− блок определения частотного диапазона работы оптопары.

Переключение между блоками осуществляется тумблером режимов работы.

«*Режим 1*» соответствует выбору блока исследования вольтамперных и передаточных характеристик, *«Режим 2»* – блоку определения частотного диапазона.

Блок исследования вольтамперных и передаточных характеристик. Функциональные возможности блока:

− исследование входных характеристик оптопары;
− исследование выходных характеристик оптопары;
− исследование передаточных характеристик оптопары при заданном входном токе.

В состав блока *исследования вольтамперных и передаточных характеристик* входят: регулятор входного тока исследуемого оптрона, регулятор выходного тока оптрона, вольтметры и амперметры для определения входных и выходных токов и напряжений. Регуляторы токов снабжены защитой от превышения допустимых значений токов исследуемых оптопар.

Блок определения частотного диапазона позволяет оценить диапазон частот, в котором возможно использование данной оптопары.

Блок состоит из перестраиваемого вручную генератора импульсов постоянной скважности в диапазоне *60 кГц–1 МГц* и частотомера для измерения входной и выходной частоты исследуемого оптрона. Измерению частоты на входе исследуемой оптопары соответствует положение тумблера «*Fвх*», измерению частоты на выходе – положение «*Fвых*». Питание частотомера осуществляется через стабилизатор напряжения *Uвых. = 5 В*.

Признаком достижения верхней границы частотного диапазона оптрона служит появление разницы между частотой входа и выхода оптрона на величину большую величины погрешности частотомера (Δ= *1кГц*).

Схема электрическая принципиальная стенда представлена на рис. 3.

Включение лабораторного стенда осуществляется кнопкой *S1*. Диод *VD1* необходим для защиты схемы лабораторного стенда от неправильного подключения источника питания. Конденсатор *C1* выполняет функцию фильтра нижних частот, цепочка *R19-VD2* выполняет роль индикатора включения питания лабораторного стенда. Тумблер *S2* осуществляет переключение режимов работы лабораторного стенда. Резисторы *R15* и *R16* – ограничительные, *R17* и *R18* регуляторы тока входа и тока выхода иследуемой оптопары *VO2*. С целью предотвращения обратных связей амперметры *U3* и *U4* включены в анодную и коллекторную цепи.

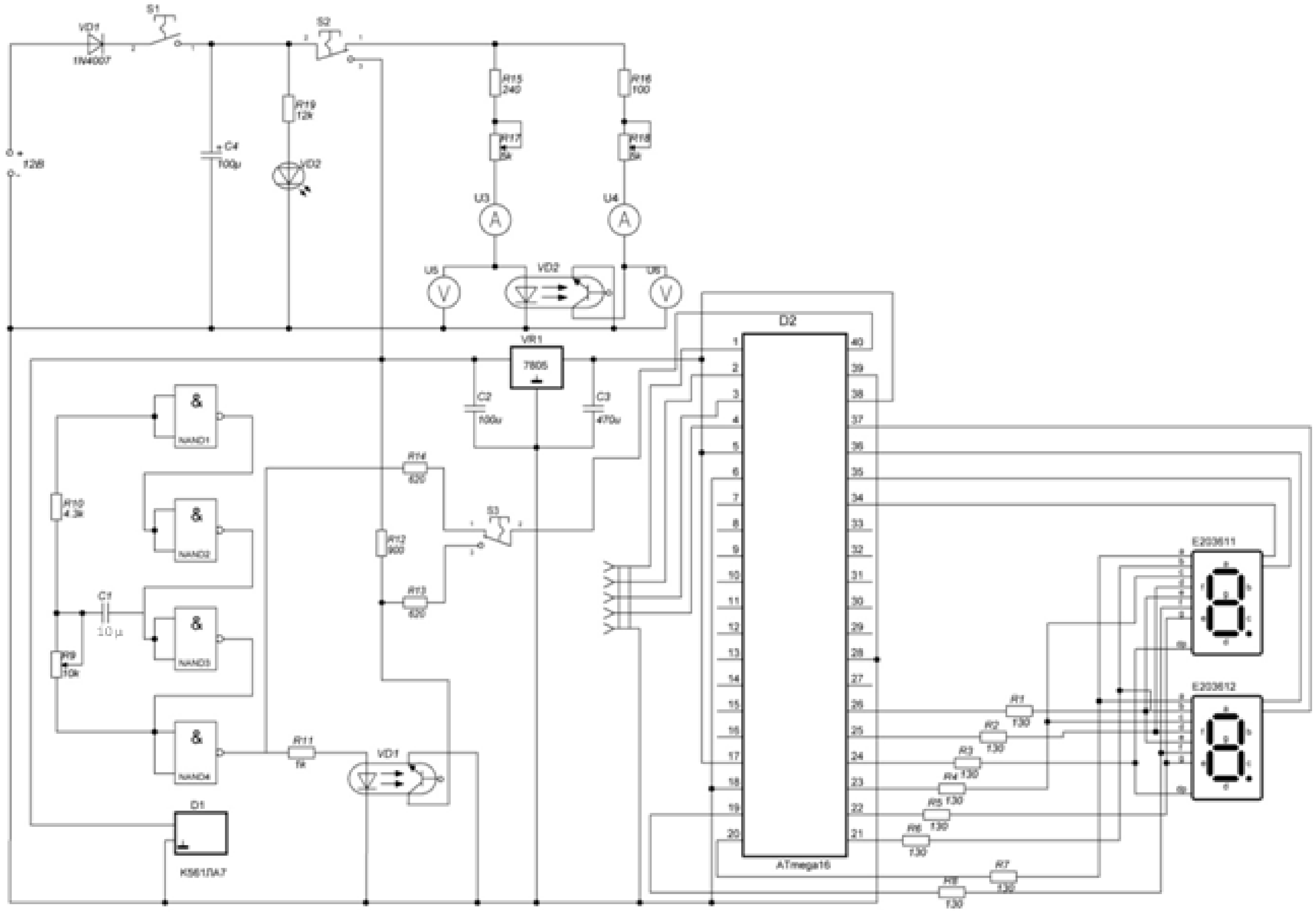


Рис. 3. Схема электрическая принципиальная лабораторного стенда

Список использованных источников

1.Батушев, В. Д. Электронные приборы / Д. А. Батушев – М. : Высшая школа, 2005. – 383 с.

2.Носов, В. Р. Оптотроны и их применение / Ю. Р. Носов, А. С. Сидоров. – М. : Радио и связь, 2006. – 280 с.

3.Пасынков, В. В. Полупроводниковые приборы / В. В. Пасынков, Л. К. Чиркин. – М. : Высшая школа, 2007. – 479 с.

4.Виноградов, Ю. В. Основы электронной и полупроводниковой техники / Ю. В. Винлградов. – М. : Энергия, 2010. – 535 с.

5.Тугов, Н. М. Оптоэлектроника / Н. М. Тугов, Л. С. Шарунич. – М. : Энергоатомиздат, 2008. – 256 с.

References

1. Batusov V.D. Electronic devices. Moscow, Vysshaya shkola, 2005, 383 p.
2. Nosov V.R., Sidorov A.S. Optotronic and their application. Moscow, Radio and communication, 2006, 280 p.
3. Pasynkov V.V., Chirkin L.K. Semiconductor devices. Moscow, Vysshaya shkola, 2007, 479 p.
4. Vinogradov Yu.V. fundamentals of electronics and semiconductor technology. Moscow, Energy, 2010, 535 p.
5. Tugov N.M., Sarunic HP Optoelectronics. Moscow, Energoatomizdat, 2008, 256 p.

Поступила 02.02.17 г.

С О Д Е Р Ж А Н И Е

CONTENTS

ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ РУКОПИСЕЙ, ПРЕДСТАВЛЯЕМЫХ В РЕДАКЦИЮ ЖУРНАЛА

«УЧЕБНЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ В ОБРАЗОВАНИИ»

Журнал включает разделы:

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

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

1. В редакцию необходимо представлять следующие материалы:

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

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

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

1.4 *Согласие* на размещение личных данных.

1.5 *Заявка* на публикацию в журнале.

1.6 *Лицензионный договор.*

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

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

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

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

2. Правила оформления рукописи статьи в печатном виде:

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

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

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

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

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

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

3. Правила оформления рукописи статьи в электронном виде

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

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

4. Общие требования:

4.1 Редакция оставляет за собой право дополнительно назначать экспертов.

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

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

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

4.5 Гонорар за опубликованные статьи не выплачивается.

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

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

5. Порядок рассмотрения статей, поступивших в редакцию:

5.1 Поступившие статьи рассматриваются в течение месяца.

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

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

5.4 Редакция не несет ответственность за допущенные авторами ошибки и плагиат в содержании статей. Редакция в течение 7 дней уведомляет авторов о получении статьи. Через месяц после регистрации статьи редакция сообщает авторам о результатах рецензирования и о сроках публикации статьи.

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

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

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

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

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

Подписная цена на полугодие – 456 руб. 80 коп. Журнал зарегистрирован в Министерстве Российской Федерации по делам печати, телерадиовещания и средств массовых коммуникаций, ПИ № ФС77-43655 от 24 января 2011 г.

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

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

УЧЕБНЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ В ОБРАЗОВАНИИ
Научно-методический журнал
№3 (83)

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

Свободная цена

Подписано в печать 25.09.2017 г.
Дата выхода в свет 26.09.2017 г.
Формат 70x100 1/16. Печать ризография.
Гарнитура Times New Roman. Усл. печ. л. 15,5.
Тираж 250 экз. Заказ № 89.

Адрес издателя и редакции журнала «Учебный эксперимент в образовании»
430007, г. Саранск, Республика Мордовия, ул. Студенческая, д. 11а
Отпечатано в редакционно-издательском центре
ФГБОУ ВО «Мордовский государственный педагогический институт им. М. Е. Евсевьева»
430007, Республика Мордовия, г. Саранск, ул. Студенческая, 13