

ФУНДАМЕНТАЛЬНАЯ ЕСТЕСТВЕННО-НАУЧНАЯ ПОДГОТОВКА СПЕЦИАЛИСТОВ

И.Д. Рудинский
доктор педагогических наук, профессор
кафедры систем управления и
вычислительной техники
ФГБОУ ВПО «КГТУ»,
idru@yandex.ru

И.С. Войцеховский
аспирант кафедры систем
управления и вычислительной техники
ФГБОУ ВПО «КГТУ»,
raenar5k@ya.ru

Информационная образовательная среда кафедры вуза на базе свободного программного обеспечения

Рассматривается проблема использования проприетарного программного обеспечения в образовании. Анализируется опыт использования свободного программного обеспечения в России и за рубежом, формулируются базовые принципы организации информационной образовательной среды кафедры вуза на базе свободного программного обеспечения

Ключевые слова: информационные технологии; программное обеспечение; свободное программное обеспечение; образование

Введение

Развитие информатизации привело к повсеместному использованию компьютеров, в том числе в высших образовательных учреждениях. В учебном процессе применяется различное программное обеспечение (ПО), с помощью которого достигаются образовательные цели, организуется процесс обучения студентов и деятельность профессорско-преподавательского состава. В настоящее время практически повсеместно, в том числе в образовательных учреждениях, используется проприетарное ПО на базе операционных систем семейства Windows [1].

Проприетарность (несвободность) ПО означает, что правообладатель полностью или в существенных моментах сохраняет за собой монополию на использование, копирование и модификацию ПО [2]. Соответственно, для использования большей части такого ПО необходима покупка лицензий, а распространение и модификация программного продукта жестко ограничены и охраняются авторским правом [2, 3].

Преимущество такого выбора – возможность широкого распространения образовательных информационных ресурсов и унификации соответствующего методического обеспечения. Однако нельзя упускать из внимания тот факт, что за лицензии приходится выплачивать большие деньги, причем лицензии на некоторые программные продукты необходимо периодически обновлять.

Анализ возможности использования свободного ПО в образовательном процессе кафедры систем управления и вычислительной техники ФГБОУ ВПО «КГТУ» показал,

что переход на свободное ПО позволит снизить эти затраты на 85% [32]. Желание руководства вуза отложить или предотвратить такие расходы ведет к использованию устаревших программ, не отвечающих современному состоянию предметной области. Основными недостатками использования таких программ являются:

1. устаревшая документация, ее отсутствие и/или сложность получения ее в пользование;
2. отсутствие активных Интернет- либо иных сообществ пользователей, в которых можно найти советы по освоению либо применению устаревшей программы, а также получить помощь в решении проблем;
3. ограниченная работоспособность/несовместимость с более новыми версиями операционных систем (ОС);
4. устаревший и/или неудобный интерфейс пользователя;
5. несоответствие функциональности программы реально применяемым аналогам.

Использование проприетарного ПО в образовательном процессе связано с существенными ограничениями. Поскольку лицензии, как правило, принадлежат университету, студенты и преподаватели чаще всего не имеют возможности легально использовать это программное обеспечение вне образовательного учреждения без приобретения персональных лицензий.

Цивилизованной и юридически корректной альтернативой такому подходу является организация информационной образовательной среды (ИОС) вуза на базе свободного ПО.

Свободное программное обеспечение и особенности его применения

В противовес ограничениям, накладываемым на проприетарное ПО (упомянутая выше монополия на использование, копирование и модификацию ПО полностью или в существенных моментах, а также необходимость приобретения лицензий от правообладателя), в 1985 году Р. Столлманом были сформулированы принципы свободного ПО и создан Фонд свободного программного обеспечения для поддержки развития свободного ПО [21].

Свободное программное обеспечение (СПО) – это программное обеспечение, в отношении которого права пользователя («свободы») на неограниченную установку, запуск, а также свободное использование, изучение, распространение и изменение (совершенствование) защищены юридически авторскими правами при помощи свободных лицензий (либо на это программное обеспечение нет исключительных прав) [4].

ПО считается свободным, если оно отвечает четырем критериям [4]:

- Программу можно свободно использовать с любой целью (*«нулевая свобода»*);
- Можно изучать, как программа работает, и адаптировать её для своих целей (*«первая свобода»*). Условием этого является доступность исходного текста программы;
- Можно свободно распространять копии программы – в помощь товарищу (*«вторая свобода»*);
- Программу можно свободно улучшать и публиковать свою улучшенную версию – с тем, чтобы принести пользу всему сообществу (*«третья свобода»*). Условием этой третьей свободы является доступность исходного текста программы и возможность внесения в него модификаций и исправлений.

Свобода СПО обеспечивается применением так называемого авторского лева. Оно требует, чтобы каждый, кто распространяет программу, с изменениями или без них, передавал право копировать и модифицировать ее в дальнейшем. Авторское лево –

абстрактная идея, ее нельзя применять непосредственно; можно воспользоваться только конкретной реализацией. Фондом свободного программного обеспечения ведется работа над проектом свободной операционной системы GNU. В рамках этого проекта конкретные условия распространения для большинства программ сформулированы в Стандартной общественной лицензии GNU (GNU GPL, современная версия – GPLv3) [5].

Свободное программное обеспечение по своему определению является бесплатным и не накладывает ограничений на распространение и использование. Поскольку массовое применение компьютеров в образовательных учреждениях повышает остроту проблемы юридически корректного применения программного обеспечения и связано с всевозрастающими затратами на приобретение проприетарного ПО и лицензий на его использование, наличие конкурентоспособных свободных аналогов все чаще подводит пользователей (как юридических, так и должностных и физических лиц) к рассмотрению возможности перехода к использованию СПО.

Использование свободного программного обеспечения в образовательном процессе

Переход на СПО в образовательных учреждениях не только уменьшает капитальные затраты на приобретение, но также сокращает стоимость обновления и сопровождения образовательных программных продуктов, что позволяет вести обучение с использованием последних и актуальных версий программ. Важной в контексте использования СПО в учебных заведениях является возможность свободного распространения копий программных продуктов. Это снимает указанные выше ограничения проприетарного ПО и позволяет студентам и преподавателям свободно пользоваться требуемыми программными продуктами без необходимости приобретения персональных лицензий.

Пример использования свободного ПО в образовательном процессе демонстрирует Кембриджский университет (Великобритания), инженерный факультет которого для работы с документами использует пакет офисных приложений LibreOffice, а для работы с изображениями применяются графические редакторы Gimp и Xfig [6]. Оксфордский университет (Великобритания) также использует свободное издательское приложение Scribus для верстки документов [7].

Свободную систему компьютерной алгебры Sage использует в образовательном процессе Калифорнийский технологический институт (США) [8]. Возрастание популярности свободного ПО в университетской среде привело к тому, что некоторые сообщества, посвященные свободному ПО, публикуют данные об адаптации своих проектов в конкретных образовательных учреждениях [22]. Иногда, в состав разработчиков свободного ПО входят сами студенты и преподаватели [23].

Примером осуществления полной миграции на СПО является администрация немецкого города Мюнхен, в декабре 2013 г. завершившая перевод на СПО важнейших функций обработки информации, а также французская жандармерия, перешедшая на GendBuntu – версию Linux-дистрибутива Ubuntu, адаптированную для внутреннего использования [24, 25, 26]. Для осуществления полной миграции используются сервисы компаний-разработчиков дистрибутива свободной ОС Linux, в частности компании Canonical (разработчик дистрибутива Ubuntu) [27] и российской компании ALT Linux [28].

О начале реализации государственной программы перевода информационных систем всех государственных предприятий и учреждений (в том числе образовательных) объявило в 2014 г. правительство КНР [29]. Согласно этой программе, к 2020 году

планируется завершить миграцию значительной части ПО с проприетарного на свободное.

В России также ведутся работы по созданию пакета свободного программного обеспечения (ПСПО) для образовательных учреждений, предназначенного для внедрения в российских школах. В ноябре 2007 г. Федеральное агентство по образованию заключило контракт на разработку этого пакета с компанией «РБК-Центр» при участии компании «ALT Linux». ПСПО должен был быть опробован в школах трех пилотных регионов России (Пермский край, Республика Татарстан, Томская область). По данным на март 2009 г, количество непилотных школ, присоединившихся к проекту ПСПО, превысило количество пилотных [9].

Однако успех ПСПО неоднозначен – он не имеет широкой известности, последние результаты и документы датируются 2009-2010 г.г. [9, 10], на сам проект ссылаются в основном зависимые источники, такие как «СПО в российских школах» (портал ALT Linux) [9] и «Учебный портал по поддержке внедрения и использования ПСПО в учебном процессе» (Академия АйТи) [11].

В настоящее время недоступны многие сайты, относящиеся к проекту ПСПО, например «Портал информационной и технической поддержки ПО образовательных учреждений РФ» [12], на который ссылается портал академии АйТи [13]. Портал ALT Linux ссылается на службу поддержки проекта [14] по регионам – Пермский край [15], Республика Татарстан [16], Томская область [17]. Эти ресурсы в настоящее время также недоступны. Таким образом, поскольку ситуация с проектом ПСПО в России весьма неопределенная, говорить о реальном централизованном проекте по внедрению СПО в образовательные учреждения не приходится.

Указанные выше и другие успешные примеры использования СПО в зарубежных образовательных учреждениях (в том числе [6-8]) свидетельствуют, что миграция на СПО была осуществлена для поддержки отдельных учебных дисциплин либо видов образовательной деятельности с применением конкретных программных продуктов. Такой подход называется *частичной миграцией* [18], которая осуществляется усилиями заинтересованных преподавателей и студентов.

Тем не менее, анализ открытых информационных источников свидетельствует об отсутствии универсальных методических подходов к комплексному переходу вуза в целом либо отдельных его подразделений к использованию свободного ПО. Разработка таких подходов может рассматриваться в настоящее время как перспективная самостоятельная научная задача.

Принципы построения информационной образовательной среды кафедры вуза на базе свободного программного обеспечения

В контексте рассматриваемой проблематики термином «информационная образовательная среда» (ИОС) будем называть системно организованный комплекс аппаратно-программного и организационно-методического обеспечения, ориентированный на удовлетворение потребностей пользователей в информационных и программных услугах и ресурсах образовательного характера. На сегодняшний день существует множество различных формулировок термина «информационная образовательная среда», из которых наиболее близкими к описываемой тематике являются формулировки, предложенные И.М. Осмоловской [19], а также Е.А. Мясоедовой, Г.А. Будниковой [20].

Отсутствие апробированных методик создания единой информационной образовательной среды вуза и многовариантность подходов к ее формированию обуславливает целесообразность поэтапного подхода, основанного на первоочередном создании ИОС для основного учебно-методического звена любого вуза, т.е. кафедры, с последующей интеграцией таких «частных» систем в информационную систему вуза в целом.

На наш взгляд, создание ИОС кафедры на базе свободного программного обеспечения должно базироваться на следующих принципах:

1. Совокупная стоимость владения ИОС кафедры на базе СПО должна быть ниже значения этого показателя для ИОС кафедры на базе проприетарного программного обеспечения;

2. ИОС кафедры на базе СПО должна обеспечивать реализацию важнейших информационных процессов кафедры вуза, в том числе образовательного и административно-управленческого процессов;

3. ИОС кафедры на базе СПО должна обеспечивать взаимодействие с действующей ИОС вуза на уровне взаимного доступа к разделяемым информационным ресурсам;

4. ИОС кафедры на базе СПО должна обеспечивать корректное функционирование проприетарных образовательных программных продуктов в случае отсутствия их эффективных свободных аналогов;

5. ИОС кафедры на базе СПО должна быть масштабируемой и допускать ее установку и эксплуатацию как на локальных компьютерах, так и на узлах корпоративной вычислительной сети, а также миграцию на персональные компьютеры студентов и преподавателей для целевого использования во внеаудиторном режиме;

6. Методическое обеспечение ИОС кафедры на базе СПО должно быть достаточным как для ее масштабирования и миграции на компьютеры пользователей, так и для ее самостоятельного прикладного использования студентами и преподавателями.

Программное обеспечение ИОС кафедры на базе СПО (так же как и любой другой информационной системы прикладного назначения) должно иметь многослойную структуру [30]. Схема такой структуры представлена на рисунке 1.

В ней выделяется системный слой (операционная система и драйверы устройств), базовый слой (программные продукты универсального назначения – такие как браузеры, архиваторы, программы антивирусного и универсального офисного назначения и т.п.) и прикладной слой (образовательные программные продукты и информационные ресурсы, применяемые при изучении конкретных учебных дисциплин).

Специфическая особенность ИОС кафедры на базе СПО – наличие в базовом слое виртуальных машин и эмуляторов операционных систем семейства Microsoft Windows, обеспечивающих корректное функционирование необходимых проприетарных программных продуктов [31]. Способы обеспечения работоспособности таких продуктов показаны на рисунке 2.

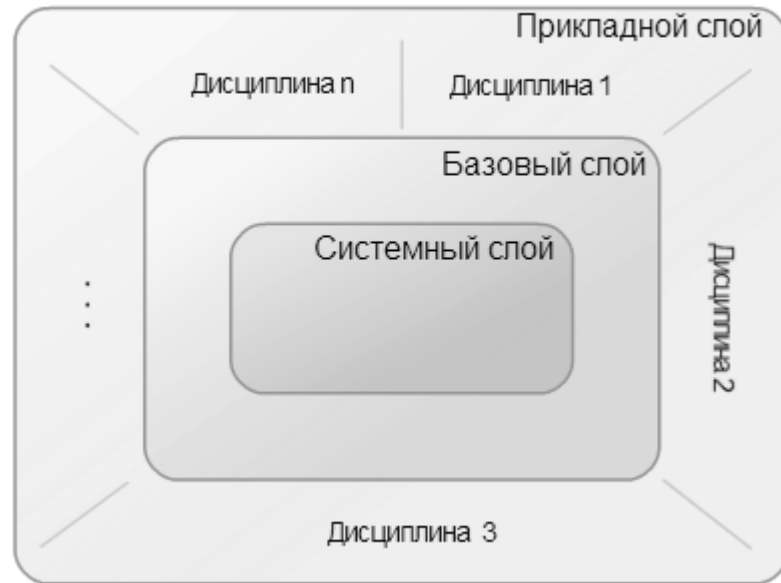


Рисунок 1– Схема многослойной структуры ИОС кафедры на базе СПО



Рисунок 2 – Способы обеспечения работоспособности Windows-программ в ИОС кафедры на базе СПО

Самый простой из них – использование реальных рабочих станций под управлением операционной системы семейства Windows, что подразумевает наличие в составе ИОС рабочих станций под управлением как Windows, так и Linux. Второй способ – так называемая виртуализация, т.е. запуск в среде Linux «виртуальной машины» – особого

программного окружения, которое рассматривается «гостевой» операционной системой как реальное оборудование. Такой подход позволяет выделить часть ресурсов компьютера для работы программных продуктов под управлением «гостевой» операционной системы (чаще всего – Windows). Третий способ – эмуляция операционной системы Windows, основанная на возможности компьютерной программы эмулировать (имитировать) функционирование другой программы или дополнительного устройства. В рассматриваемой ситуации эмуляция дает возможность запускать Windows-приложения непосредственно под управлением системы Linux.

Конкретный состав ИОС кафедры на базе СПО должен определяться, в первую очередь, степенью совпадения функциональности используемого в образовательном процессе исходного проприетарного образовательного программного продукта и его свободных аналогов. Наряду с этим должны учитываться и другие факторы – такие как простота освоения и удобство использования свободного аналога, возможность его практического применения в последующей профессиональной деятельности и т.п. Критерии и методические аспекты сравнительного анализа, выбора и внедрения в образовательный процесс свободных аналогов проприетарного образовательного ПО будут рассмотрены в следующей публикации.

Литература

1. NetMarketShare: Operating System Share [Электронный ресурс]. URL: <http://www.netmarketshare.com/operating-system-market-share.aspx> (дата обращения 19.04.2014).
2. The Linux Information Project: Proprietary Software Definition [Электронный ресурс]. URL: <http://www.linfo.org/proprietary.html> (дата обращения 19.04.2014)
3. GNU Operating System: Categories of free and nonfree software [Электронный ресурс]. URL: <https://www.gnu.org/philosophy/categories.en.html> (дата обращения 19.04.2014)
4. Операционная система GNU: Что такое свободная программа? [Электронный ресурс]. URL: <http://www.gnu.org/philosophy/free-sw.ru.html> (дата обращения 14.04.2014)
5. Операционная система GNU: Что такое авторское лево? [Электронный ресурс]. URL: <http://www.gnu.org/copyleft/copyleft.html> (дата обращения 19.04.2014).
6. University of Cambridge: Department of Engineering IT services [Электронный ресурс]. URL: <http://www-h.eng.cam.ac.uk/help/programs.html> (дата обращения 17.05.2014).
7. University of Oxford IT services: Scribus [Электронный ресурс]. URL: <http://courses.it.ox.ac.uk/detail/TIMHS> (дата обращения 17.05.2014).
8. Sage Math: Who uses sage? [Электронный ресурс]. URL: <http://sagemath.org/doc/faq/faq-general.html#who-uses-sage> (дата обращения 17.05.2014).
9. ALT Linux: СПО в российских школах [Электронный ресурс]. URL: http://freeschool.altlinux.ru/?page_id=2 (дата обращения 16.04.2014)
10. Министерство образования и науки Республики Татарстан: Аprobация и внедрение пакета свободного программного обеспечения в образовательных учреждениях Республики Татарстан [Электронный ресурс]. URL: http://mon.tatarstan.ru/rus/realizaciya_pspo.htm (дата обращения 19.04.2014).
11. Академия АйТи – учебный портал по поддержке внедрения и использования ПСПО в учебном процессе: История проекта [Электронный ресурс]. URL: <http://pspo.it.ru/mod/resource/view.php?id=168> (дата обращения 19.04.2014).
12. Портал информационной и технической поддержки ПО образовательных учреждений РФ [Электронный ресурс]. URL: <http://www.spohelp.ru/> (дата обращения 19.04.2014).
13. Академия АйТи – учебный портал по поддержке внедрения и использования ПСПО в учебном процессе: «Нифакин Н.Н., учитель информатики МОУ СОШ №6 г. Апатиты, поделился опытом внедрения ПСПО в своей школе, рассказал об успехах и проблемах, с которыми ему приходится сталкиваться в повседневной работе». [Электронный ресурс]. URL: <http://pspo.it.ru/mod/forum/discuss.php?d=667> (дата обращения 19.04.2014).
14. СПО в российских школах: Как устроена техническая поддержка [Электронный ресурс]. URL: <http://freeschool.altlinux.ru/?p=49> (дата обращения 19.04.2014).

15. Служба поддержки внедрения ПСПО по регионам: Республика Татарстан [Электронный ресурс]. URL: <http://www.linuxschool.cg.ru> (дата обращения 19.04.2014).
16. Служба поддержки внедрения ПСПО по регионам: Пермский край [Электронный ресурс]. URL: <http://perm.linux.armd.ru> (дата обращения 19.04.2014).
17. Служба поддержки внедрения ПСПО по регионам: Томская область [Электронный ресурс]. URL: <http://pspo.tomsk.ru> (дата обращения 19.04.2014).
18. Free Technology Academy: Implementation of free software systems [Электронный ресурс]. URL: <http://ftacademy.org/materials/fsm/8> (дата обращения 26.04.2014).
19. Информационно-образовательная среда общеобразовательной школы [Электронный ресурс]. URL: http://pedagog.vlsu.ru/fileadmin/Dep_pedagogical/konf_lerner/Osmolovskaya_I.M..pdf (дата обращения 10.11.2014).
20. Информационная образовательная среда учреждения: понятие, структура, проектирование [Электронный ресурс]. URL: http://imp.rudn.ru/vestnik/2012/2012_2/13.pdf (дата обращения 10.11.2014).
21. Операционная система GNU: Проект GNU [Электронный ресурс]. URL: <http://www.gnu.org/philosophy/free-sw.ru.html> (дата обращения 10.11.2014).
22. OSS Watch: Open Source Options For Education [Электронный ресурс]. URL: <http://oss-watch.ac.uk/resources/ossoptionseducation> (дата обращения 10.11.2014).
23. Loughborough Online Reading List System: Frequently Asked Questions [Электронный ресурс]. URL: <http://oss-watch.ac.uk/resources/ossoptionseducation> (дата обращения 10.11.2014).
24. CIO UK – Chief Information Officer News and Insight: Munich open source switch 'completed successfully' [Электронный ресурс]. URL: <http://www.cio.co.uk/news/change-management/munich-open-source-completed-successfully/> (дата обращения 16.04.2014).
25. Ubuntu case study: French National Police Force saves \$2 million a year with Ubuntu [Электронный ресурс]. URL: <http://www.ubuntu.com/sites/default/files/active/Casestudy-Gendarmerie-Nationale-v1.pdf> (дата обращения 16.04.2014).
26. Network World//LiMux The Penguin: Deep into Munich's Linux F/OSS migration [Электронный ресурс]. URL: <http://www.networkworld.com/article/2300606/software/limux-the-penguin--deep-into-munich-s-linux-f-oss-migration.html> (дата обращения 10.11.2014).
27. Canonical: services [Электронный ресурс]. URL: <http://www.canonical.com/services> (дата обращения 10.11.2014).
28. ALT Linux: Настройка и внедрения [Электронный ресурс]. URL: <http://www.altlinux.ru/service/support1/deployment/> (дата обращения 10.11.2014).
29. China Orders Replacement of Microsoft's Operating System On Government Computers [Электронный ресурс]. URL: <http://www.forbes.com/sites/ywang/2014/10/27/china-orders-replacement-of-microsofts-operating-system-on-government-computers/> (дата обращения 26.01.2015).
30. Построение системы информационной безопасности на основе Solaris 2.x [Электронный ресурс]. URL: http://www.opennet.ru/docs/RUS/solaris_sec/solaris_sec-solaris.html.gz (дата обращения 26.01.2015).
31. Emulation, or Virtualization: Which is Right for You? [Электронный ресурс]. URL: <http://www.linux.com/news/software/applications/35492-emulation-or-virtualization-which-is-right-for-you/> (дата обращения 26.01.2015).
32. И.С. Петренко, И.С. Войцеховский. Информационная образовательная среда вуза на основе свободного программного обеспечения // Студенческая научно-техническая конференция КГТУ: материалы. – Калининград: ФГБОУ ВПО «КГТУ», 2014. – С. 196.

Р.А. Ганиева
кандидат педагогических наук, доцент
доцент кафедры высшая математика
«БГАРФ» ФГБОУ ВПО «КГТУ»
rita-ganieva@yandex.ru

Диверсификация методического комплекса обеспечения учебной деятельности курсантов в компьютерной среде при изучении высшей математики

Описывается моделирование новых отношений педагога и курсанта в компьютерной среде посредством инновационного учебно-методического комплекса

Ключевые слова: информационные компьютерные технологии; модульный подход; диверсификация; инновационный методический комплекс

Сегодня изучение математики во многих случаях идет более эффективно, если в нем применяются компьютерные технологии (например, системы визуализации, символьных вычислений). Применение современных инструментов ИКТ позволяет использовать математику для решения намного более широкого круга прикладных задач, чем это было 50 лет назад.

Современный образовательный процесс предполагает деятельность и взаимодействие преподавателя и обучаемого в компьютерной среде. Задача педагога-математика – формирование у каждого обучающегося модели деятельности, направленной на развитие способности решать новые профессиональные задачи (2).

В реальном учебном процессе по высшей математике одной из форм обучения является лабораторный практикум с использованием математического компьютерного приложения, традиционно либо Excel, либо Mathcad и выполнение курсового проекта. Доминантной задачей этого вида учебной деятельности является изучение основ и формирование навыков работы в математических компьютерных приложениях (Mathcad, Excel) с целью самостоятельного применения полученных знаний в своей учебной деятельности, углубления математических знаний, имеющих пропедевтическое значение.

Учебная литература (1,5 и др.), предлагаемая для методического обеспечения лабораторно-компьютерных занятий по высшей математике разнообразна и информативна в аспекте возможностей компьютерных математических приложений при решении прикладных задач. Несомненными преимуществами учебных пособий 2,3 являются: наличие профессионально-ориентированных задач, построение содержания по модульному принципу.

В таблице 1. представлен проведенный нами анализ авторской реализации модульного подхода.

Таблица 1.

Автор(ы) пособия	Название пособия	Структура пособия
Г.В. Горелова, И.А.Кацко	Теория вероятностей и математическая статистика в примерах и задачах с применением EXEL	Разделы: теория вероятностей; статистика. Каждый раздел представлен определенными темами(модулями) Структура модуля: <ul style="list-style-type: none"> • Теоретические сведения; • алгоритм,примеры, контрольные задания; • индивидуальные задания к модулю. Разделы: Анализ данных в Excel; современные направления в анализе данных.
Автор пособия	Название пособия	Структура пособия
Т.А.Медведева	Математические компьютерные приложения	Изучаемая тема-модуль Структура модуля: <ul style="list-style-type: none"> • теоретические сведения по возможностям компьютерного приложения Mathcad для решения задач изучаемой темы; • пример и решение в Mathcad; • варианты заданий для самостоятельного выполнения.

Существенным недостатком же этих пособий, по нашему мнению, является наличие образца выполнения задания. Модель учебной деятельности в этом случае выстраивается по следующему алгоритму: задание; выполнение задания по образцу на аналогичном примере в соответствующем компьютерном приложении, что не способствует навыков самостоятельного формирования обучаемым личностного знания, развитию творческих способностей.

Для диверсификации традиционной модели учебной деятельности курсантов в компьютерной среде нами разработан и внедрен в учебный процесс методический комплекс, включающий в себя пособие для лабораторного практикума по высшей математике с использованием математического компьютерного приложения Mathcad; методическую разработку для выполнения курсового проекта.

Разработанное пособие построено также по модульному принципу. При разработке пособия мы придерживались следующего понимания понятия модуль. Модуль-это смысловая единица информации[3].

Смысл определялся его функциональным назначением. Каждая изучаемая тема представлена набором следующих модулей: ИН- модуль (ин-формационный), СМ-модуль (справочный математический), СК - модуль (справочный математический),СКС

- модуль (самоконтроля и самоподготовки). Структура содержания пособия по каждой изучаемой теме представлена на рисунке 1.

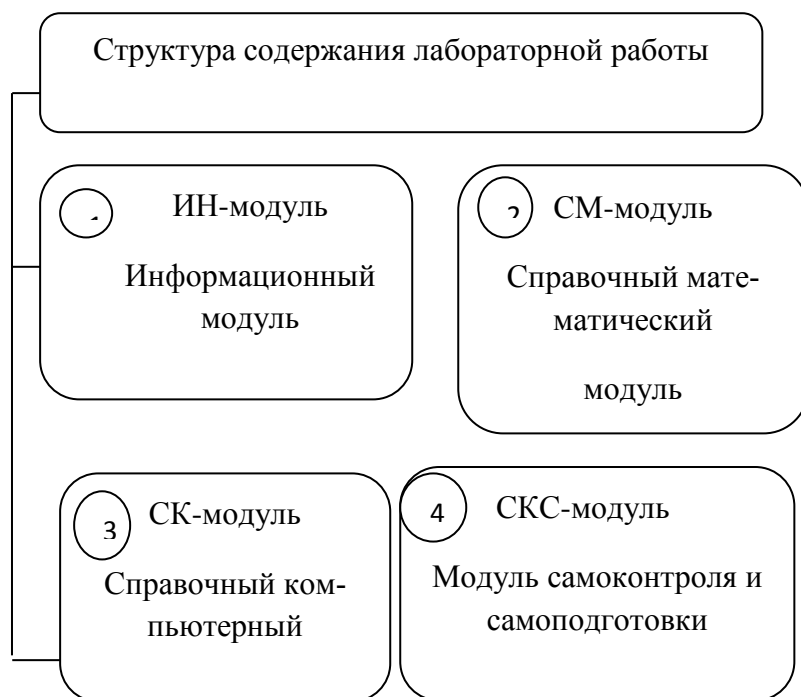


Рисунок 1. Структура содержания лабораторного практикума по высшей математике

В информационном модуле отражены цели выполняемой лабораторной работы, задания и варианты к заданию. СМ-модуль - справочный математический модуль содержит необходимый минимум информации (определения, обозначения математических понятий, формулы и т.п.) для построения математической модели выполнения задания.

В СК - модуле представлена справочная информация с примерами операций в приложении Mathcad, необходимым при выполнении курсантами заданий. Следует отметить, что в данном учебном пособии отсутствуют примеры- образцы выполнения компьютерной реализации задания.

Курсант должен самостоятельно составить компьютерный алгоритм реализации задания на основе справочной информации СК - модуля. СКС - модуль предназначен для подготовки курсанта к защите лабораторной работы и саморазвития. Данный модуль включает в себя: вопросы для самоконтроля, глоссарий (перечень базовых математических понятий данной темы) и задания для самостоятельной работы.

На рис. 2,3,4,5 приведены фрагменты описанных модулей на примере лабораторной работы «Формирование, представление и преобразование массивов данных».

Для определения целевого и содержательного компонентов лабораторного практикума был проведен прогностический анализ востребованности математических знаний, знаний математических компьютерных приложений при изучении других дисциплин общенаучного цикла и дисциплин профессионального цикла на примере специальности 180405 "Эксплуатация судовых энергетических установок", направления 141200 «Холодильная, криогенная техника и системы жизнеобеспечения».

Такие знания были нами определены как пропедевтические математические знания.

На основе проведенного анализа были MathCAD разработаны: номенклатура целей, содержание заданий для каждой лабораторной работы. Изучение возможностей конкретной панели компьютерного приложения для углубления пропедевтических математических знаний и актуализации их для решения прикладных, профессионально-ориентированных задач было выбрано в качестве системообразующего фактора целевого и содержательного компонентов каждой лабораторной работы.

Этот фактор определил и последовательность выполнения лабораторных работ. Учебная деятельность при этом строится по следующему алгоритму: ознакомление с целями работы, с заданием; конкретизация и переформулировка задания соответственно варианту; припоминание или поиск необходимой информации СМ-модуле; построение математической модели выполнения задания; построение компьютерной модели реализации математической модели.

Структура отчета курсанта по лабораторной работе: цели, задание, сформулированное соответственно варианту, математическая модель выполнения задания; компьютерная реализация математической модели; выводы. По желанию, для получения дополнительных баллов, выполнение заданий для самостоятельной работы из СКС - модуля.

Курсант должен не только представить отчет по лабораторной работе, но и защитить. Содержание защиты отражено в ИН - модуле, СКС - модуле. Наиболее сложная составляющая отчета - выводы, в которых курсанту необходимо выполнить самостоятельный анализ работы с точки зрения приложений полученных знаний. По окончании лабораторного практикума курсант должен представить самостоятельно выполненную курсовую работу.

Для выполнения этого вида работы автором разработана учебно-методическая разработка, существенное отличие которой от традиционных -отсутствие примера-образца выполнения. Вместо этого предложена «маршрутная карта» по лабораторным работам, в которых можно найти рекомендации по разработке математической модели выполнения задания курсовой работы и компьютерной реализации этой модели. Задания курсовой работы профессионально-ориентированы.

Вышеописанное методическое обеспечение позволило построить новую модель отношений педагога и студента в компьютерной среде. Внедрение этой модели в реальную практику обучения предоставляет курсанту осознанно инициировать принцип индивидуализации обучения, способствует активизации самостоятельности курсантов, сместить акцент в деятельности педагога с информационно-объясняющей функции на коррекционно - управляющую.

Цель работы:

- Изучить возможности Mathcad для формирования массивов экспериментальных данных и способам их представления.
- Научиться различными способами формировать массивы данных и преобразовывать их.
- Научиться определять параметры массива посредством встроенных функций.

Задание 1.

- 1.1** Задать ранжированную переменную x , значения которой отличаются друг от друга по умолчанию; с заданным шагом h .

СМ-модуль к заданию 1

- Последовательность задана, если указан закон, по которому каждому натуральному числу n ставится в соответствие действительное число. Аналитически это соответствие задается общим членом последовательности.
- Общий член геометрической прогрессии : $b_n = b_1 q^{n-1}$; общий члена арифметической прогрессии: $a_n = a_1 + d(n-1)$; b_1, a_1 - числа, которые следует определить самостоятельно \forall - ным образом.
- Размерность матрицы, содержащей 20 элементов может быть: 10×2 или 4×5 и т.п.
- \div - символ, обозначающий арифметическую прогрессию; $\ddot{\div}$ - символ, обозначающий геометрическую прогрессию.

Рисунок 3. Пример фрагмента СМ-модуля (справочного математического) для лабораторной работы «Формирование, представление и преобразование массивов данных».

Цель работы:

- Изучить возможности Mathcad для формирования массивов экспериментальных данных и способам их представления.
- Научиться различными способами формировать массивы данных и преобразовывать их.
- Научиться определять параметры массива посредством встроенных функций.

СК-модуль к заданию 2

Операция	Последовательность необходимых операций в Mathcad	Пример
Образование новых массивов в матричной форме		
Присоединение одной матрицы к другой справа	Ввести имя матриц; определить новую матрицу посредством операции <code>augment(A,B)</code> ; Attention!!! Для выполнения этой операции матрицы должны иметь одинаковое количество строк.	$A := \begin{pmatrix} -1 & 2 & 0 \\ 3 & 4 & 1 \end{pmatrix}$ $B := \begin{pmatrix} 0 & 5 & 6 \\ -4 & 3 & 1 \end{pmatrix}$ $C := \text{augment}(A, B)$ $C = \begin{pmatrix} -1 & 2 & 0 & 0 & 5 & 6 \\ 3 & 4 & 1 & -4 & 3 & 1 \end{pmatrix}$

Рисунок 4. Пример фрагмента СК-модуля (справочного компьютерного) для лабораторной работы «Формирование, представление и преобразование массивов данных».

Вопросы для самоконтроля

1. Каковы способы формирования массивов в среде Mathcad?
2. При решении каких задач можно использовать каждый из способов формирования массивов?
3. Как вы думаете, зачем нужна операция извлечения столбца матрицы?
4. Нужна ли операция сортировки массива и зачем?

Глоссарий

Массив; ранжированная переменная; экспериментальные данные; матрица и ее размерность; алгебраическое дополнение; числовая последовательность; арифметическая, геометрическая последовательности.

Задания для самостоятельной работы

$$A = \begin{bmatrix} 2 & -3 & 4 \\ 5 & 6 & 1 & 18 \end{bmatrix} \quad A_{22} = ?$$

1. Дана матрица
2. Сформировать следующий массив:
 $x = 1.2, 4.5, 5.8, 2.8, -0.4, -7.2, 1.7, 0, 3$. Ранжировать данную переменную.

Рисунок 5. Пример фрагмента СКС-модуля (самоконтроля и самоподготовки) для лабораторной работы «Формирование, представление и преобразование массивов данных»

Литература

1. Горелова Г.В., Кацко И.А. Теория вероятностей и математическая статистика в примерах и задачах с применением EXCEL // Учебное пособие для вузов. - Ростов н/Д: Феникс, 2005. - 480с.
2. Концепция развития российского математического образования. Версия 13.02.2013 // Интернет ресурсы: yandex.ru/yandexsearch.
3. Семькина Н.А. Технология модульного обучения
4. Школа №5, 2008. // Интернет ресурсы: <http://www.school5.net/>
5. Медведева Т.А. Математические компьютерные приложения // Учебное пособие для студентов специальностей 190701, 140504. - Калининград: Изд-во БГАРФ, 2010. - 185с.

И.П. Корнева
кандидат технических наук, доцент
профессор кафедры физики и химии
«БГАРФ» ФГБОУ ВПО «КГТУ»
ikorneva05@rambler.ru

Обучение магистрантов современным физическим методам исследования полупроводников

Переход на стандарты третьего поколения определяет условия для формирования готовности магистрантов к освоению современных физических методов исследования. Такая практическая подготовка способствует приобретению профессиональных компетенций, что делает выпускника конкурентоспособным на рынке труда. Данная задача решается путем использования проблемно-ориентированного обучения, применением методов активизации познавательной деятельности студентов, направленной на формирование практических навыков работы в ходе реального научного исследования. В магистратуре процесс обучения современным физическим методам исследования, а также формирование умений практического использования этих методов можно осуществлять, исследуя полупроводниковые материалы

Ключевые слова: магистратура; методы исследования; обучение; полупроводники

В связи с переходом вузов России на федеральные государственные стандарты третьего поколения возникла необходимость реализации задач основных образовательных программ (ООП). В результате освоения ООП у выпускников вузов должны быть сформированы общекультурные и профессиональные компетенции [1].

Необходимость компетентного подхода возникла в связи с тем, что на рынке труда к выпускникам предъявляется ряд требований, различающихся для бакалавров и магистров.

Однако выпускники обеих ступеней должны обладать высоким уровнем теоретической и экспериментальной подготовки. В тоже время магистры должны быть подготовлены к обучению в аспирантуре по соответствующим научным специальностям.

В связи с этим особое место занимает подготовка студентов-магистров к использованию современных методов исследования. Такая практическая подготовка обеспечивает условия для формирования готовности выпускника к деятельности, требующей углубленной фундаментальной и профессиональной подготовки, а именно к научно-исследовательской работе экспериментального и теоретического характера.

Важно отметить, что формирование исследовательских умений должно проходить на протяжении всего обучения физике, начиная со школьной скамьи. В вузе необходимо осуществлять непрерывность и системность в ходе обучения экспериментальными физическими методами [2, 3].

При обучении в магистратуре студенты должны получить представление об аналитических возможностях физических методов, о расширении возможностей применения методов к различным группам исследуемых материалов. Все это достигается путем использования проблемно-ориентированного обучения, применением методов активизации познавательной деятельности студентов, направленной на формирование практических навыков работы в ходе реального научного исследования.

В магистратуре процесс получения информации об аналитических возможностях современных физических методов, а также формирование умений практического использования этих методов можно проводить на примере исследования полупроводниковых материалов, в частности некристаллических. Аморфные материалы широко ис-

пользуются в полупроводниковой электронике, так как они являются базой для создания различных электронных приборов, датчиков физических величин.

Среди аморфных материалов можно выделить халькогенидные стеклообразные полупроводники (ХСП). Своеобразие строения стеклообразных полупроводников делают их специфическими материалами с особыми характеристиками [4].

Устройства, контролирующие параметры окружающей среды можно изготавливать на основе халькогенидных пленок, вследствие того, что электропроводимость пленок ХСП зависит от освещенности, температуры и влажности.

В этом случае можно изготовить датчики, измеряющие не только один из вышеперечисленных параметров окружающей среды, но и датчики, одновременно контролирующие несколько параметров [5-8].

При создании приборов в микроэлектронике при достигнутой на современном уровне плотности элементов возникает проблема отвода тепла, выделяющегося в объеме микросхемы. Дальнейшее увеличение плотности элементов на единицу объема зачастую ограничивается именно этой проблемой.

В связи с этим возникает задача создания таких элементов схем, которые потребляли бы минимально возможную мощность. В этом плане перспективными могут быть высокоомные материалы, например, такие как ХСП.

ХСП в мировой практике не нашли применения вследствие того, что их практически невозможно легировать, в той мере, как это делается для кристаллических полупроводников. Эту сложность можно преодолеть тем, что выпрямляющие структуры изготавливать не на основе р-п-переходов, а с использованием контактов металл-полупроводник, где выпрямление происходит на барьере Шоттки.

На основе выпрямляющего контакта ХСП-металл можно создавать диодные и более сложные структуры, вследствие чего снизится выделение тепла в объеме, что позволит увеличить плотность элементов и экономичность микросхем [9].

Разработанные в последнее время интегральные схемы на основе полупроводниковых приборов с барьерами Шоттки по многим параметрам и характеристикам лучше схем на биполярных структурах.

Использование контакта металл-полупроводник с барьерами Шоттки в различных импульсных устройствах позволяет не только увеличивать их быстродействие, но и улучшить многие другие параметры. Например, применение диодов Шоттки в импульсных устройствах вызвано тем, что эти приборы практически безинерционны, так как перенос заряда в них обусловлен только основными носителями.

По этой причине диоды Шоттки нашли в настоящее время применение в различных преобразователях частоты в сантиметровом и миллиметровом диапазонах длин волн. Применение диодов Шоттки в качестве мишеней в электронно-лучевых приборах позволили, по сравнению с мишенями на р-п-переходе, повысить их быстродействие и коэффициент усиления по току.

Разработка и изготовление диодов Шоттки, имеющих идеальные вольт-амперные характеристики, позволили использовать их для определения электрических, физических и технологических параметров полупроводниковых приборов. Применяемые до последнего времени для этих целей р-п-переходы или давали большую погрешность при измерениях, или их вообще нельзя было применять.

В настоящее время на основе использования свойств барьеров Шоттки созданы полевые транзисторы с затвором Шоттки (ПШТ). Полевой транзистор с затвором Шоттки, являющийся высокочастотным прибором, нашел применение в схемах усиления и генерации сигналов СВЧ-диапазона, а также при создании сверхбыстродействующих логических и импульсных схем.

Такое широкое применение полевых транзисторов с затвором Шоттки объясняется их неоспоримыми преимуществами перед биполярными транзисторами: низкий коэффициент шума, большой динамический диапазон, низкие интермодуляционные искажения, малая величина внутренней обратной связи.

Другая сторона проблемы использования ХСП при изготовлении полупроводниковых приборов связана с возможностью создания на их основе гетеропереходов, которые могут найти применение при производстве фотоприемников.

В мировой практике большинство работ посвящено исследованию гетеропереходов на основе кристаллических полупроводников. Гетеропереходы на основе халькогенидов представляют интерес, поскольку состав ХСП можно изменять произвольным образом в пределах области стеклообразования, и, тем самым, менять область спектральной чувствительности [10-12].

Фотоэлектрические и электрические свойства на границе раздела металл - полупроводник и полупроводник - полупроводник широко используются в полупроводниковых приборах. Гетеропереходы можно классифицировать как резкие или плавные в зависимости от расстояния от границы раздела.

С другой стороны, гетеропереходы делятся по типу проводимости на каждой стороне перехода. Когда два заданных полупроводника имеют идентичные типы проводимости, то образуемый гетеропереход называется изотипным, в противоположном случае он анизотипный. Плавные гетеропереходы не так широко описаны как резкие.

Одна из причин недостаточного интереса к плавным состоит в том, что модель резкого гетероперехода - хорошее приближение для большинства исследованных гетеропереходов. Поэтому в полупроводниковых приборах, как правило, используются гетеропереходы, относящиеся к резким. Для создания плавных гетеропереходов могут быть также использованы и ХСП.

Наиболее важной характеристикой границы раздела двух полупроводниковых веществ является энергетическая зонная диаграмма. Каждый из двух контактирующих материалов характеризуется тремя уровнями: дном зоны проводимости, уровнем Ферми, а также потолком валентной зоны.

Вследствие того, что ширина запрещенной зоны с двух сторон контакта разная, образуются разрывы краев зон проводимости и валентной зоны. Они являются следствием естественных различий зонных структур полупроводников. Уровень Ферми выравнивается между полупроводниками из-за перемещения электронов из одного материала в другой. Образование слоя пространственного заряда вблизи границы раздела происходит с изгибом зон, как и в случае гомоперехода.

Изучение гетеропереходов показало, что процессы в них протекают быстрее, чем в гомопереходе. Проводимость осуществляют основные носители, а процессы рассеивания неосновных носителей отсутствуют в случае переключения напряжения. Гетеропереходные структуры могут работать как в фотодиодном, так и в фотогальваническом режиме.

Такие структуры обладают выпрямляющими свойствами. Характеристики полупроводниковых приборов на основе гетеропереходов несколько лучше, чем устройств на основе p-n-переходов.

Материалами для разработки приборов на основе гетеропереходов являются бинарные соединения типа $A^{III}B^V$, $A^{II}B^{VI}$ и $A^{IV}B^{VI}$. Многообразие свойств полупроводников типа $A^{III}B^V$ обуславливает их применение в технических приборах. Среди них наиболее распространены фотодиоды и фотоэлементы.

Для создания гетеропереходов с характеристиками идеального контакта следует проверять совместимость материалов. Соединения типа $A^{II}B^{VI}$ обладают рядом ценных свойств, таких как высокая фоточувствительность, большая вероятность излучательной

рекомбинации при наличии прямых оптических переходов, высокий квантовый выход фотолюминесценции и т.д.

Менее широко используются гетероструктуры на основе аморфных полупроводников. Такие структуры используются при изготовлении микросхем ЭВМ, мишеней видеоконвертеров, полупроводниковых лазеров, фотоприемников. Применение гетеропереходов на основе халькогенидных стеклообразных полупроводников позволяет не только расширить область спектральной чувствительности, но и увеличить эффективное сопротивление всей системы за счет наличия запирающего слоя на границе раздела и при определенном подборе контактирующих материалов увеличить или уменьшить время фотоответа.

ХСП являются тем классом полупроводниковых материалов, который позволяет менять в широких пределах соотношение компонент в системе.

Это дает возможность целенаправленно изменять ширину запрещенной зоны полупроводника, тем самым менять параметры структур, изготовленных на их основе. Таким образом, гетероструктуры на основе ХСП могут быть использованы для создания новых полупроводниковых приборов.

Кроме того, в данном классе материалов наблюдаются фотостимулированные превращения (ФСП) [13]. Исследование этих эффектов связано с проблемой записи информации.

Наиболее ценным свойством ХСП при фотостимулированных изменениях, является возможность перезаписи информации. Удаление информации происходит при нагревании стеклообразных полупроводников до температуры, близкой к температуре размягчения и нахождении при этой температуре в течение нескольких минут. Пленки ХСП имеют достаточно высокую разрешающую способность.

Такие фотостимулированные изменения не связаны ни с кристаллизацией ХСП, ни со сколько-нибудь значительным изменением его состава. В процессе облучения изменяются не только оптические параметры пленки, но и ее растворимость и микротвердость.

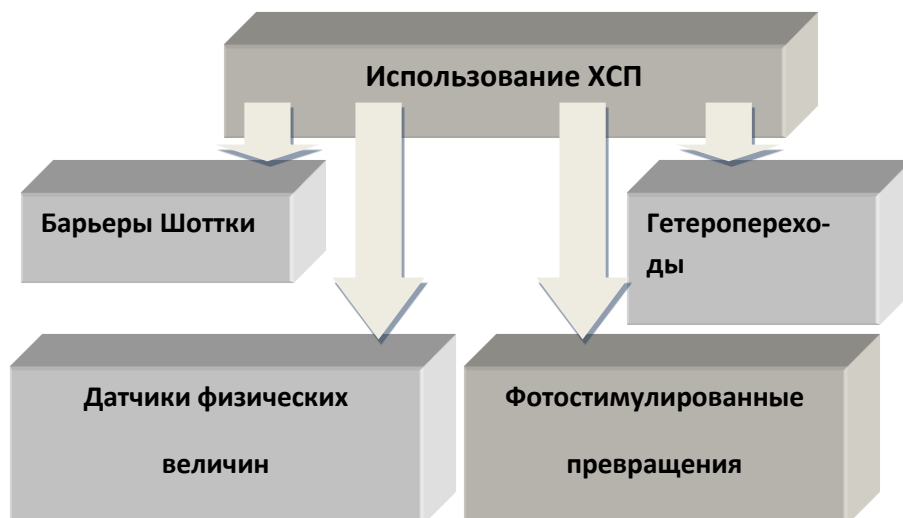
В мировой практике фотостимулированные превращения уже нашли широкое практическое применение. Полупроводниковые пленки из этих материалов используют для перезаписи изображения, в оптических элементах интегральных схем, поскольку они обладают высокой прозрачностью в ближней ИК-области, в оптических дисках и т.п. [14].

Однако, проблема фотостимулированных превращений в халькогенидных стеклообразных полупроводниках на данный момент остается нерешенной, так как не существует адекватной теоретической модели, описывающей эти превращения.

Возможно, это связано с трудностями проведения теоретического анализа, потому как для аморфных структур описание внутренних процессов сложнее описания кристаллических. В аморфных халькогенидных пленках возможны обратимые переходы из одного метастабильного состояния в другое.

В связи с этим можно выделить два перспективных направления исследований: повышение плотности записи информации и осуществление записывания и стирания с использованием света с разной длиной волны.

Таким образом, перспективные направления использования халькогенидных полупроводников можно представить в виде схемы (рис.1).



Одним из предварительных шагов при обучении экспериментальным методам является выбор направления исследования и теоретическая подготовка к его проведению. В ходе выбора направления исследования определяются материалы, которые хотят изучить студенты, например, стеклообразные полупроводники различных систем. Далее определяются свойства, которые необходимо исследовать (например, оптические, электрические, магнитные и т.д.). После этого предстоит определиться с методом исследования, получить представления о физической сущности этого метода, его возможностях и т.д.

Одним из перспективных направлений исследования свойств и структуры стеклообразных полупроводников являются спектроскопические методы исследования. С нашей точки зрения, для подготовки студентов-магистров к использованию современных методов исследования, можно выбрать следующие направления:

1. Оптическая спектроскопия.
2. Фотоэмиссионная спектроскопия.
3. Оже - электронная спектроскопия.
4. Спектроскопия электронного парамагнитного резонанса.
5. Спектроскопия ядерного магнитного резонанса.
6. Спектроскопия ядерного квадрупольного резонанса.
7. Мессбауэровская спектроскопия.

Эти методы можно использовать и в сочетании. После выбора материалов и методов исследования необходимо переходить к постановке задачи. Задачи могут быть направлены на изучение структуры, а также свойств ХСП различных составов с целью дальнейшего их использования в полупроводниковой технике.

Литература

1. Ефремова Н.Ф. Компетенции в образовании: формирование и оценивание/ Н.Ф. Ефремова. Москва, Издательство «Национальное образование», 2012. – 416 с.
2. И.И. Хинич Современные методы физического эксперимента в исследовательском обучении студентов физике поверхности конденсированных веществ// Физическое образование в вузах. Т.13, № 3, 2007, с. 139.

3. С.Д. Ханин, И.И. Хинич Развитие исследовательских умений соотнесения эксперимента, теории и практики в обучении физическим основам твердотельной электроники // Известия Российского государственного педагогического университета им. А.И. Герцена: Научный журнал: Естественные и точные науки. – СПб., 2008. № 9(48), с.146.
4. Аржанухина И.П., Корнев К.П. Халькогенидные стеклообразные полупроводники. Проблемы использования// Вестник СПбО РАЕН. - 1998. - № 2(3). - С.266-269.
5. Аржанухина И.П., Корнев К.П. Исследование датчиков светового потока на основе ХСП систем As-Se-Te и As-Sb-Se// XXVII науч. конф. профессорско-преподавательского состава, науч. сотрудников, аспирантов и студентов. Тезисы докладов. Ч. 6. Калининград: КГУ.- 1996. - С.63.
6. Аржанухина И.П., Корнев К.П., Селезнев Ю.В. Создание и исследование датчиков на основе ХСП// X Юбилейная научно-техническая конференция «Датчик-98».- М.: МГИЭМ. -1998. - Т.1. - С.262-264.
7. Kornev K.P., Korneva I.P. Humidity detectors based on chalcogenide semiconductors // Journal of Optoelectronics and Advanced Materials. – 2005. – V.7. № 5, P. 2359 – 2362.
8. Kornev K.P., Korneva I.P. Ostafin M., Nogaj V. Photodetectors Based on Heterojunctions of Metal - Chalcogenide Vitreous Semiconductors Journal of Optoelectronics and Advanced Materials. – 2006. – V.8. № 2, P. 808 – 811.
9. Корнев К.П., Корнева И.П., Синявский Н.Я. Исследование барьеров Шоттки на контактах алюминий – стеклообразный полупроводник // Известия вузов. Физика. – 2005. -№ 10, с. 73 - 76.
10. Аржанухина И.П., Корнев К.П., Селезнев Ю.В. Исследование спектров фоточувствительности гетероперехода n-GaAs-As₂Se₃// ФТП.- 1999. - Т.33. - Вып.1, С.64-67.
11. Аржанухина И.П., Корнев К.П., Селезнев Ю.В. Изготовление и исследование гетеропереходов SnO₂-As₂(Se_{0,9}Te_{0,1})₃ и SnO₂-(As_{0,67}Sb_{0,33})₂Se₃// ЖТФ.- 1998. - Т.68.- Вып. 10, С.55-57.
12. Аржанухина И.П., Корнев К.П., Селезнев Ю.В. Спектры фоточувствительности гетероперехода арсенид галлия - аморфная пленка трисульфида мышьяка// Известия Вузов. Физика. - 1999.- №1.- С. 3
13. Электронные явления в халькогенидных стеклообразных полупроводниках под ред. К.Д. Цэндина. СПб., «Наука», 1996, 486 с.
14. А. Меден, М. Шо Физика и применение аморфных полупроводников. Москва, «Мир», 1991, 670 с.