

Министерство образования и науки Российской Федерации
 Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
 высшего профессионального образования
 «Владимирский государственный университет
 имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
 (ВлГУ)



А.А. Панфилов
 2015 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
«Основы компьютерного проектирования радиоэлектронных средств»
 (наименование дисциплины)

Направление подготовки 11.03.01 «Радиотехника»

Профиль/программа подготовки _____

Уровень высшего образования Бакалавриат

(бакалавр, магистр, дипломированный специалист)

Форма обучения очная

(очная, очно-заочная, заочная, сокращенная)

Семестр	Трудоем- кость зач. ед. час.	Лек- ции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	СРС, час.	Форма промежуточного контроля
6	3/108	36	-	18	54	Зачет
Итого	3/108	36	-	18	54	Зачет

г.Владимир

2015 г.

Мол

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями освоения дисциплины «Основы компьютерного проектирования радиоэлектронных средств» (ОКПРЭС) является подготовка в области автоматизированного проектирования РЭА и РТС на уровнях: система, алгоритм, модуль и элемент. Излагаются физические основы и математические модели широко используемых и перспективных алгоритмов цифровой обработки сигналов (ЦОС). Рассматриваются схемы замещения реальных элементов на их идеализированные аналоги в области низких и высоких частот.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина "Основы компьютерного проектирования РЭС" обеспечивает подготовку студентов в области компьютерного проектирования и моделирования: математические основы моделирования компонентов РЭС различного уровня сложности; алгоритмы анализа аналоговых и цифровых устройств; методы оптимизации проектных решений; методы моделирования узлов аналоговых устройств; использование пакетов прикладных программ.

Дисциплина относится к базовой части вариативных дисциплин с возможностью выбора в соответствии с задачами подготовки бакалавров Б.1.В.ОД.6.

Курс "Основы компьютерного проектирования РЭС" основывается на знаниях "Высшей математики", "Основах теории цепей", "Теории электросвязи", "Схемотехники АЭУ", "Основы кибернетики и радиоавтоматики" и является базовым для последующих дисциплин проектирования РЭС, РЭА и РТС.

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

В результате освоения дисциплины обучающийся должен обладать следующими **общекультурными и общепрофессиональными компетенциями (ОК и ОПК):**

- способностью к самоорганизации и самообразованию (ОК-7);
- готовностью применять современные средства выполнения и редактирования изображений и чертежей и подготовки конструкторско-технологической документации (ОПК-4);
- способность осуществлять поиск, хранение, обработку и анализ информации из различных источников и баз данных, представлять ее в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий (ОПК-6).

В результате изучения дисциплины студент должен:

Знать:

- Задачи и основы схемотехнического, конструкторского, технологического, системного, алгоритмического и программного проектирования.
- Базовые принципы математического моделирования и пакеты программ.
- Математические модели, методы и алгоритмы автоматизированного выполнения проектных процедур.

Уметь:

- Выбирать и применять прикладное программное обеспечение для решения конкретных инженерных задач САПР.
- Оценивать эффективность применения САПР в конкретных ситуациях, выбирать нужные компоненты базового и прикладного программного обеспечения, формулировать задания САПР.
- Выполнять проектные процедуры в диалоговом режиме работы с ЭВМ, интерпретировать получаемые результаты.

- Разбивать общую задачу на более простые, частные подзадачи.

Владеть:

- Типовыми процедурами проектирования, программного и информационного обеспечения САПР, включая состав и структуру технических средств САПР.
- Методикой конфигурирования и оценки быстродействия систем для измерения характеристик радиотехнических цепей и сигналов.
- Методикой экспериментальных исследований и основными приемами обработки данных.

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Общая трудоемкость дисциплины составляет __3__ зачетные единицы, _108__ часа.

№ п/п	Раздел (тема) дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)						Объем учебной работы, с применением интерактивн ых методов (в часах / %)	Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра), форма промежут. аттестации
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Контрольные работы	СРС	КП / КР		
1	4.1.Задачи и виды САПР РЭС	6	1	2				3		1/50%	
2	4.2.Программа B2Spice	6	2	2		2		3		2/50%	
3	4.3.Модели радиоэлементов	6	3	2				3		1/50%	
4	4.4.Моделирование в частотной области	6	4	2		4		3		3/50%	
5	4.5.Моделирование во временной области	6	5	2				3		1/50%	
6	4.6.Моделирование фильтров	6	6	2		4		3		3/50%	Рейтинг-контроль №1
7	4.7.САПР конструктора	6	7	2				3		1/50%	
8	4.8.Цифровой синтез сигналов	6	8	2		4		3		3/50%	
9	4.9.САПР виртуальных приборов (ВП)	6	9	2				3		1/50%	
10	4.10. Виртуальный частотомер	6	10	2		4		3		3/50%	
11	4.11.Виртуальный фазометр	6	11	2				3		1/50%	
12	4.12.Виртуальный вольтметр	6	12	2				3		1/50%	Рейтинг-контроль №2
13	4.13.Оценка	6	13	2				3		1/50%	

	нелинейных искажений									
14	4.14.Оценка параметров АМ сигналов	6	14				3		1/50%	
15	4.15. Оценка параметров ЧМ сигналов	6	15	2			3		1/50%	
16	4.16.САПР измерительных систем	6	16	2			3		1/50%	
17	4.17.Комплексная оценка сигналов	6	17	2			3		1/50%	
18	4.18.Комплексирова ние алгоритмов ЦОС	6	18	2			3		1/50%	Рейтинг- контроль №3
Всего				36		18		54	27/50%	ЗАЧЕТ

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Активные и интерактивные формы обучения

С целью формирования и развития профессиональных навыков студентов в учебном процессе используются активные и интерактивные формы проведения занятий в сочетании с внеаудиторной работой: (практические работы, контрольные аудиторские работы, индивидуальные домашние работы). Объем занятий, проводимых в интерактивных формах, составляет 27 часов аудиторных занятий.

Самостоятельная работа студентов

Самостоятельная (внеаудиторная) работа студентов включает закрепление теоретического материала при подготовке к выполнению лабораторных заданий, а также при выполнении индивидуальной контрольной работы (СРС). Основа самостоятельной работы - изучение литературы по рекомендованным источникам и конспекту лекций, а также поиск информации в Интернете.

В соответствии с индивидуальным контрольным заданием студент выбирает объект, структуру его параметров, а также аппаратные и алгоритмические средства проектируемого виртуального измерительного комплекса. Проектирование на системно-алгоритмическом уровне заключается в компоновке объединенного (комплексного) алгоритма испытаний.

Мультимедийные технологии обучения

Все лекционные занятия проводятся в виде презентаций в мультимедийной аудитории с использованием компьютерного проектора и представлением от 10 до 20 слайдов по каждой лекции.

Студентам предоставляется компьютерный курс лекций.

6.ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

6.1. Вопросы к зачету

1. Задачи и области САПР.
2. Программа моделирования B2 spice
3. Основные области применения САПР и обзор возможностей моделирования.
4. Модели радиоэлементов РЭС. Базовый набор моделей элементов.
5. Пассивные компоненты и их модели. Элементы R,L,C в диапазоне высоких и низких частот.
6. Модель полупроводникового диода. Модель биполярного транзистора.
7. Моделирование схем в частотной и во временной области.
8. Построение и исследование АЧХ и ФЧХ фильтров с помощью программы B2Spice.
9. Моделирование RC и RL фильтров с помощью программы B2Spice
10. Моделирование прохождения сигналов типа меандр и гармонического сигнала через фильтры.
11. Моделирование работы LC фильтров. Исследование последовательных и параллельных LC фильтров, режекторных (заграждающих) и полосовых фильтров.
12. Построение АЧХ и ФЧХ в программе B2Spice.
13. Моделирование алгоритмов цифрового синтеза измерительных сигналов.
14. Моделирование алгоритмов синтеза сигналов АМп, ЧМп, АМ, ЧМ и др.
15. Формирование сигналов с помощью ЦАП.
16. Алгоритмы цифровой обработки измерительных сигналов
17. Алгоритмы определения параметров сигналов: мощности, частоты, сдвига фазы, нелинейных искажений, параметров модуляции.
18. Алгоритмы оценки частоты сигнала
19. Анализ и сравнение возможностей цифровой обработки и оценки частоты дискретизированного радиосигнала во временной и в частотной области.
20. Алгоритмы оценки разности фаз сигналов
21. Анализ и сравнение возможностей цифровой обработки и оценки разности фаз дискретизированных радиосигналов во временной и в частотной области.
22. Алгоритмы оценки амплитуды и СКЗ сигнала
23. Анализ и сравнение возможностей цифровой обработки и оценки амплитуды и СКЗ дискретизированного радиосигнала во временной и в частотной области.
24. Алгоритмы оценки нелинейных искажений сигнала
25. Анализ и сравнение возможностей цифровой обработки и оценки нелинейных искажений дискретизированного радиосигнала.
26. Алгоритмы оценки АМ и АМП сигнала
27. Анализ и сравнение возможностей цифровой обработки и оценки глубины АМ и АМП дискретизированного радиосигнала во временной и в частотной области.
28. Алгоритмы оценки ЧМ и ЧМП сигнала
29. Анализ и сравнение возможностей цифровой обработки и оценки ЧМ и ЧМП дискретизированного радиосигнала.
30. САПР измерительных систем (ИС)
31. Моделирование работы измерительных приборов и радиосистем в среде графического программирования LabView.
32. Комбинированные алгоритмы цифровой обработки измерительных сигналов.
33. Алгоритмы комплексной обработки дискретизированного радиосигнала во временной и в частотной области.

6.2. Тестовые задания для рейтинг-контроля

Рейтинг-контроль 1

1. Воспроизведение процессов в проектируемых системах с целью обеспечения анализа проектных решений возможно путем:
 - a) Аппроксимации
 - b) Моделирования**
 - c) Интегрирования
 - d) Интерполяции
2. Прототип проектируемой системы – это:
 - a) Реальная система - аналог проектируемой**
 - b) Компьютерная модель проектируемой системы
 - c) Упрощенная структурная схема
 - d) Детальная функциональная схема
3. Ранее моделирование осуществлялось с помощью:
 - a) Аналоговых вычислительных машин (ВМ)**
 - b) Цифровых ВМ
 - c) Гибридных средств
4. В настоящее время моделирование осуществляется с помощью:
 - a) Аналоговых вычислительных машин (ВМ)
 - b) Цифровых ВМ**
 - c) Гибридных средств
5. Виды моделирования:
 - a) Аналитическое**
 - b) Имитационное**
 - c) Цифровое
 - d) Программное
6. При разработке ЭУ средствами моделирования выполняются:
 - a) тепловой анализ;**
 - b) механический анализ конструкции;**
 - c) электрический анализ (статика, динамика);**
 - d) анализ худшего случая;**
 - e) проектный анализ электромагнитной совместимости;**
 - f) анализ надежности**
7. Статическое состояние описывают модели:
 - a) статистические
 - b) логические
 - c) статические**
 - d) смешанные

Рейтинг-контроль 2

1. Динамические модели описывают поведение системы
 - a) во времени**
 - b) по частоте
 - c) по амплитуде

- d) по фазе
2. Схемотехническое моделирование (СхМ) –это моделирование процессов в ЭУ представленных в виде:
- a) **принципиальных электрических схем**
 - b) функциональной схемы
 - c) структурной схем
3. При (СхМ) требуется решение уравнений:
- a) **первого и второго законов Кирхгофа**
 - b) **компонентных уравнений (отдельных элементов)**
 - c) закона Ома
4. Типовые задачи СхМ:
- a) **расчет режима цепи по постоянному току;**
 - b) **анализ чувствительности характеристик цепи к вариации параметров элементов;**
 - c) **анализ характеристик линеаризованной цепи в частотной области;**
 - d) **анализ переходных процессов (временной анализ);**
 - e) **спектральный анализ с помощью преобразования Фурье;**
 - f) **статистический анализ**
5. Статические параметры модели биполярного транзистора:
- a) емкость коллекторного перехода;
 - b) емкость эмиттерного перехода;
 - c) **прямой коэффициент усиления по току;**
 - d) **инверсный коэффициент усиления по току;**
 - e) **омическое сопротивление коллектора;**
 - f) постоянная времени диффузионной емкости эмиттерного перехода;
 - g) **сопротивление базы;**
 - h) **сопротивление эмиттера.**
 - i) постоянная времени диффузионной емкости коллекторного перехода.
6. Динамические параметры модели биполярного транзистора:
- a) прямой коэффициент усиления по току;
 - b) **емкость эмиттерного перехода;**
 - c) **емкость коллекторного перехода;**
 - d) инверсный коэффициент усиления по току;
 - e) **постоянная времени диффузионной емкости эмиттерного перехода;**
 - f) омическое сопротивление коллектора;
 - g) сопротивление базы;
 - h) сопротивление эмиттера.
 - i) **постоянная времени диффузионной емкости коллекторного перехода.**
7. При анализе во временной области можно получить следующие графики
- a) ФЧХ
 - b) АЧХ реальную часть
 - c) **Форму сигнала для выбранного узла схемы**
 - d) АЧХ мнимую часть

Рейтинг-контроль 3

1. Моделирование позволяет сократить затраты и время на разработку РЭС

- a) Верно
- b) Неверно

2. Задачи моделирования

a) Создать прототип устройства

b) Оптимизировать работу устройства, подобрать лучшие значения элементов из ряда реальных элементов

c) Проверить работоспособность схемы без сборки прототипа устройства

3. Есть ли отличия в моделях замещения пассивных элементов для низких и высоких частот?

a) Модели замещения отличаются

b) Модели замещения не отличаются

4. Диапазон рабочих частот интегратора и дифференциатора на ОУ:

a) Зависит от полосы рабочих частот выбранного ОУ

b) Не зависит от соотношения между R и C, подключенных к ОУ

c) Зависит только от R, подключенного к ОУ

d) Зависит от соотношения между R и C, подключенных к ОУ

e) Зависит только от C, подключенного к ОУ

5. Что произойдет с частотой среза ФНЧ если увеличить емкость?

a) Частота среза увеличится

b) Частота среза уменьшится

c) Частота среза не изменится

6. При анализе в частотной области могут быть получены следующие графики

a) Форма сигнала на выходе

b) АЧХ реальную часть

c) АЧХ модуль

d) АЧХ модуль в дБ, ФЧХ фазу в градусах

g) Переходная характеристика

7. САПР позволяет

a) ускорить процесс проектирования РЭА

b) ускорить процесс изготовления РЭА

c) оптимизировать алгоритмы работы РЭА

В типовой СРС в соответствии с индивидуальным заданием студент выбирает объект (РЭА, РИП) и структуру его основных параметров (от 3-х до 7). Далее, используя Интернет и кафедральную библиотеку алгоритмов оценки параметров объекта, студент оптимизирует комплект аппаратных и алгоритмических средств проектируемого виртуального испытательного комплекса.

Проектирование на системно-алгоритмическом уровне заключается в компоновке объединенного (комплексного) алгоритма испытаний. В СРС необходимо разработать (выбрать) детальные методики проведения испытаний, включая алгоритмы измерения каждого параметра и способы обработки данных.

Объекты испытаний для индивидуальной СРС

1. Высококачественный УНЧ.
2. Телевизионная антенна МВ.
3. Синтезатор частот радиопередатчика МВ.
4. Электроакустическая система.
5. Цифровой вольтметр постоянного напряжения (В2).

6. Цифровой вольтметр переменного напряжения (В3).
7. Импульсный вольтметр (В4).
8. Селективный вольтметр (В6).
9. Мультиметр (В7).
10. Цифровой измеритель мощности (М3).
11. Измерительный генератор НЧ.
12. Измерительный генератор ВЧ.
13. Измерительный генератор СВЧ.
14. Импульсный генератор (Г5).
15. Анализатор спектра (С4).
16. Измеритель нелинейных искажений (С6).
17. Осциллограф (С1).
18. Цифровой фазометр (Ф2).
19. Измеритель АЧХ (Х1).
20. Детекторная головка СВЧ.
21. Атенуатор переменный поглощающий ДМВ.
22. Вентиль СВЧ.
23. Направленный ответвитель СВЧ.
24. Полосовой фильтр СВЧ.
25. Линзовая антенна.
26. Рупорная антенна.
27. Волноводно-щелевая антенна СМВ.
28. Регулируемый фазовращатель СВЧ.
29. Транзистор СВЧ.
30. Транзистор ВЧ.
31. Мощный транзистор НЧ.
32. Полосовой фильтр на ОУ.
33. Режекторный фильтр на ОУ.

7.УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Основная литература

1. Кологривов В.А. Основы автоматизированного проектирования радиоэлектронных устройств. Часть 1 [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Кологривов В.А.— Электрон.текстовые данные.— Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012.-132 с.
2. Королев А.Л. Компьютерное моделирование. Лабораторный практикум. - 2-е изд. (эл.)/ Издательство: БИНОМ. Лаборатория знаний. – 2013.- 300 с.
3. Поздняков А.Д., Поздняков В.А. Виртуальные радиоизмерительные приборы и комплексы: Учебное пособие / Владим. гос. ун-т. - Владимир. - 2015. - 236 с.

Дополнительная литература

1. Поздняков А.Д. Крейтовые системы РХИ для контроля, испытаний и мониторинга радио-аппаратуры: учеб. пособие / Владим. гос. ун-т. – Владимир: Ред.-издат. комплекс ВлГУ, 2010. – 118 с.
2. Ушаков Д. М. Введение в математические основы САПР: курс лекций / Издательство: ДМК Пресс. - 2011. - 209 с.
3. Кологривов В.А. Основы автоматизированного проектирования радиоэлектронных устройств. Часть 2 [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Кологривов В.А.— Электрон.текстовые данные.— Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012.— 132 с.

Отечественные журналы:

- Радиотехника;
- Радиотехника и электроника;
- Приборы и техника эксперимента.

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

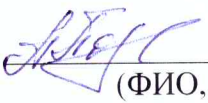
Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

- кафедральные мультимедийные средства (ауд. 301-3 и 504-3);
- наборы слайдов по всем лекциям (от 25 до 40 слайдов по каждой лекции);
- оборудование специализированной лаборатории (506-3);
- компьютеры с программным обеспечением B2Spice и LabVIEW, а также со специализированными программами моделирования алгоритмов определения параметров радиосигналов.

Примечания:

1. Общее число подготовленных слайдов более 500, они ежегодно редактируются и модернизируются в соответствии с развитием технической и методической базы.
2. Общее число компьютеров в лабораториях 504-3 и 506-3 со специализированным программным обеспечением составляет соответственно 8 и 7 единиц.

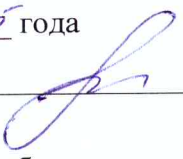
Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО по направлению
11.03.01 «Радиотехника»

Рабочую программу составил профессор каф. РТ и РС  А.Д. Поздняков.
(ФИО, подпись)

Рецензент ген. директор ВКБ «Радиосвязь» к.т.н.  А.Е. Богданов
(место работы, должность, ФИО, подпись)

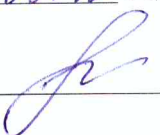
Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры РТ и РС

Протокол № 12 от 30.03.15 года

Заведующий кафедрой РТ и РС  О.Р. Никитин

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической комиссии
направления 11.03.01 «Радиотехника»

Протокол № 9 от 31.03.15 года

Председатель комиссии  О.Р. Никитин

ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ
РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Рабочая программа одобрена на 2016/2015 учебный год

Протокол заседания кафедры № 1 от 1.09.16 года

Заведующий кафедрой _____ О.Р. Никитин

Рабочая программа одобрена на _____ учебный год

Протокол заседания кафедры № _____ от _____ года

Заведующий кафедрой _____ О.Р. Никитин

Рабочая программа одобрена на _____ учебный год

Протокол заседания кафедры № _____ от _____ года

Заведующий кафедрой _____ О.Р. Никитин

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Владимирский государственный университет
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
(ВлГУ)

Институт инновационных технологий

Кафедра радиотехники и радиосистем

Актуализированная рабочая программа
рассмотрена и одобрена на заседании
кафедры РТ и РС

протокол № ____ от ____ 20__ г.

Заведующий кафедрой

_____ О.Р. Никитин

Актуализация рабочей программы дисциплины

Основы компьютерного проектирования РЭС

(наименование дисциплины)

Направление подготовки 11.03.01 “Радиотехника”

Профиль подготовки _____

Уровень высшего образования Бакалавриат

Форма обучения очная

Владимир 2015

Рабочая программа учебной дисциплины актуализирована в части рекомендуемой литературы.

Актуализация выполнена:

Ген. директор ВКБ «Радиосвязь» к.т.н. _____ А.Е. Богданов
(место работы, должность, ФИО, подпись)

(подпись, должность, ФИО)

Основная литература

1. Кологривов В.А. Основы автоматизированного проектирования радиоэлектронных устройств. Часть 1 [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Кологривов В.А.— Электрон.текстовые данные.— Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012.-132 с.
2. Королев А.Л. Компьютерное моделирование. Лабораторный практикум. - 2-е изд. (эл.)/ Издательство: БИНОМ. Лаборатория знаний. – 2013.- 300 с.
3. Поздняков А.Д., Поздняков В.А. Виртуальные радиоизмерительные приборы и комплексы: Учебное пособие / Владим. гос. ун-т. - Владимир. - 2015. - 236 с.

Дополнительная литература

1. Поздняков А.Д. Крейтовые системы РХИ для контроля, испытаний и мониторинга радио-аппаратуры: учеб. пособие / Владим. гос. ун-т. – Владимир: Ред.-издат. комплекс ВлГУ, 2010. – 118 с.
2. Ушаков Д. М. Введение в математические основы САПР: курс лекций / Издательство: ДМК Пресс. - 2011. - 209 с.
3. Кологривов В.А. Основы автоматизированного проектирования радиоэлектронных устройств. Часть 2 [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Кологривов В.А.— Электрон.текстовые данные.— Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012.— 132 с.

Отечественные журналы:

- Радиотехника;
- Радиотехника и электроника;
- Приборы и техника эксперимента.