

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФГБОУ ВО «СГУ им. Н.Г. Чернышевского»

Факультет нелинейных процессов

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по учебно-методической работе,  
проф. д.ф.н.



Елина Е.Г.  
2016 г.

**Рабочая программа дисциплины**

Электронные приборы

Направление подготовки  
03.03.03 "Радиофизика"

Профили подготовки  
«Физика и техника электронных средств»  
«Информационные технологии и компьютерное моделирование  
в радиофизике»

Квалификация (степень) выпускника  
Бакалавр

Форма обучения  
очная

Саратов

2016

## **1. Цели освоения дисциплины**

Целями освоения дисциплины «Электронные приборы» являются:

1. Развитие профессиональных компетенций в области изучения и анализа электронных систем для применения в телекоммуникационных технологиях в соответствии с требованиями учебного плана и ФГОС ВО по направлению подготовки «03.03.03 Радиофизика»
2. Приобретение навыков самостоятельного решения практических задач;
3. Формирование у обучающихся навыков владения современным математическим аппаратом для описания процессов в устройствах и приборах электроники сверхвысоких частот;
4. Развитие навыков численного моделирования и анализа электронных устройств и схем на их основе;
5. Приобретение навыков работы с нелинейными электрическими схемами, построенными на основе как вакуумных, так и твердотельных электронных приборов.
6. Формирование навыков экспериментального исследования, работы с современным измерительным оборудованием с электронно-волновыми устройствами, содержащими электронные потоки, взаимодействующие с электромагнитными полями.

## **2. Место дисциплины в структуре ООП бакалавриата**

Дисциплина «Электронные приборы» относится к модулю "Электроника" базовой части Блока 1 «Дисциплины, модули» (Б1.Б.11.5). Преподавание дисциплины осуществляется в 7 семестре. Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единицы.

Для усвоения дисциплины обучаемый должен обладать базовой физико-математической подготовкой. Обучаемый должен обладать основными навыками решения обыкновенных линейных дифференциальных уравнений, должен быть знаком с основами векторного анализа и теории функций комплексного переменного, основами теории колебаний. Обучаемый должен обладать навыками программирования на языках программирования высокого уровня, а также знать основные численные методы, применяемые для решения физических задач, в том числе методы численного интегрирования обыкновенных дифференциальных уравнений и методы численного решения нелинейных алгебраических уравнений. Поэтому дисциплине предшествует изучение курсов математического анализа, дифференциальных уравнений, векторного анализа, общей физики, программирования.

### **3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины.**

В результате освоения дисциплины «Электронные приборы» происходит формирование у учащегося системы компетенций, включающей в себя следующий набор общекультурных и профессиональных компетенций:

- способность понимать принципы работы и методы эксплуатации современной радиоэлектронной и оптической аппаратуры и оборудования (ПК-1);
- способность использовать основные методы радиофизических измерений (ПК-2).

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

#### ***Знать:***

- основные понятия и определения физической и технической электроники и науки о колебаниях и волнах применительно к электронным системам;
- знать порядки характерных величин, определяющих наступление того или иного эффекта, наблюдаемого в электронно-волновых системах;
- основные идеи, положенные в основу методов усиления и генерации электромагнитных колебаний на сверхвысоких частотах;
- основные нелинейные явления, возникающие при взаимодействии электронных потоков с электромагнитными волнами;
- принципы действия и основные характеристики электронных приборов;
- основные методы применения информационных технологий и численного анализа при проведении научных исследований;
- основы методов измерений на сверхвысоких частотах, особенности проведения экспериментальных исследований электронно-волновых систем.

#### ***Уметь:***

- - работать с современным экспериментальным оборудованием;
- применять полученные знания на практике при решении задач;
- использовать аппарат высшей математики для описания поведения электронно-волновых сред;
- создавать элементарные модели поведения электронно-волновых систем, лежащих в основе современных электронных приборов
- применять основные инструменты и методы нелинейной динамики и науки о колебаниях и волнах к системам электронно-волновой природы;
- применять различные численные схемы и методы для решения задач, описываемых уравнениями в частных производных;

- осуществлять экспериментальный анализ нелинейных явлений, протекающих в электронно-волновых системах на сверхвысоких частотах;
- сопоставлять полученные данные с характеристиками, используемыми на практике.
- проводить анализ корректности полученных экспериментальных и численных результатов;

**Владеть:**

- - культурой мышления в области электроники и телекоммуникационных технологий;
- навыками работы с научной литературой;
- основными принципами построения моделей в нелинейной динамике;
- методами постановки научного эксперимента;
- навыками работы с электрическими экспериментальными установками;
- навыками работы с современными измерительными приборами
- методами решения задач, описываемых уравнениями в частных производных;
- навыками работы со стандартными научными программными пакетами.

**4. Структура и содержание дисциплины**

Общая трудоемкость дисциплины "Электронные приборы" составляет 4 зачетных единицы, 144 часа, включая 36 часов на подготовку к экзамену.

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)					Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Формы промежуточной аттестации (по семестрам)
				Всего подлежит изучению	Лекции	лабораторные занятия (компьютерный практикум)	Самостоятельная работа	КСР	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Раздел 1. Электронные системы сверхвысоко-частотного диапазона и их применение в современных телекоммуникациях	7	1	10	3	3	4		
2	Раздел 2. Основы теории излучения	7	2-3	10	3	3	4		
3	Раздел 3. Динамический способ управления электронными по-	7	5-7	10	3	3	4		

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)					Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Формы промежуточной аттестации (по семестрам)
				Всего подлежит изучению	Лекции	лабораторные занятия (компьютерный практикум)	Самостоятельная работа	КСР	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	токами. Клистроны.								
4	Раздел 4. Приборы М-типа. Магнетроны. Амплитроны	7	8-9	15	5	5	5		
5	Раздел 5. Лампы бегущей волны	7	10-12	15	5	5	5		
6	Раздел 6. Лампы обратной волны	7	13-14	15	5	5	5		
7	Раздел 7. Мазеры на циклотронном резонансе.	7	15	15	5	5	5		Контрольная работа
8	Раздел 8. Современная электроника больших мощностей	7	16	10	3	3	4		
9	Раздел 9. Твердотельные устройства электроники СВЧ	7	17-18	8	3	3	2		
	<b>Итого за семестр 144:</b>	<b>7</b>	<b>18</b>	<b>108</b>	<b>36</b>	<b>36</b>	<b>36</b>		<b>Экзамен 36 ч.</b>

## Содержание дисциплины

### Раздел 1. Электронные системы сверхвысокочастотного диапазона и их применение в современных телекоммуникациях.

Электроника сверхвысоких частот и информационно-телекоммуникационные системы. Основные особенности приборов и устройств сверхвысокочастотной электроники.

### Раздел 2. Основы теории излучения.

Индивидуальное излучение заряженных частиц (спонтанное излучение классических осцилляторов). Индуцированное излучение ансамбля возбужденных классических осцилляторов. Линейная квадратичная группировка. Индуцированное и спонтанное излучение в электронных активных средах.

### **Раздел 3. Динамический способ управления электронными потоками. Клистроны.**

Модуляция электронов по скорости и группирование электронов в пространстве дрейфа. «Инерционная группировка»; ее особенности. Физические процессы в двухрезонаторном клистроне–усилителе (кинематическое приближение). Многорезонаторный клистрон (качественное описание). Элементарная теория отражательного клистрона: пусковой режим, выходная мощность и к.п.д., зоны колебаний и электронная перестройка частоты.

Волны пространственного заряда. Гидродинамическое описание электронного потока. Волны пространственного заряда и группирование в пространстве дрейфа. Волны с положительной и отрицательной энергией. Учет влияния пространственного заряда в теории пролетных клистронов. Циклотронные волны.

*Лабораторная работа «Экспериментальное изучение характеристик отражательного клистрона».*

*Лабораторная работа «Исследование нагрузочных характеристик отражательного клистрона».*

### **Раздел 4. Приборы М-типа. Магнетроны. Амплитроны**

Кинематическая дрейфовая теория группирования электронов в скрещенных статических электрическом и магнитном полях и в поле бегущей волны. Пространственный резонанс. Силовая группировка. Расчет мощности взаимодействия и к.п.д. применительно к плоского магнетрона. Качественное описание и характеристики современных магнетронов. Что вносит цилиндричность в физику магнетрона. Усилитель на скрещенных полях (амплитрон). Стабилотрон. Пространственный заряд в скрещенных полях.

*Лабораторная работа «Исследование многорезонаторного магнетрона».*

### **Раздел 5. Лампы бегущей волны.**

Взаимодействие электронного потока с бегущей электромагнитной волной. Лампа бегущей волны (ЛБВ). Применение метода последовательных приближений к анализу взаимодействия электронного потока с электромагнитными волнами. Качественное описание процесса группирования электронов в бегущей волне. Квадратичная группировка.

Нелинейная теория ЛБВО. Вывод нелинейных уравнений ЛБВО. Линеаризация нелинейных уравнений ЛБВ. Дисперсионное уравнение ЛБВ. Крестатронный режим работы ЛБВ

.Законы сохранения энергии. Механизм фазировки и ограничения мощности в ЛБВО. Особенности и результаты решения задачи на ЭВМ. Спиральная ЛБВ.

Лампа обратной волны с цепочкой связанных резонаторов.

*Лабораторная работа «Экспериментальное исследование ЛБВ».*

### **Раздел 6. Лампы обратной волны.**

Теория пускового режима ЛОВ в приближении заданного поля. Нестационарная теория ЛОВО. Лампы обратной волны миллиметрового и субмиллиметрового диапазонов.

*Лабораторная работа «Экспериментальное исследование шумов в лампе бегущей волны О-типа».*

### **Раздел 7. Мазеры на циклотронном резонансе.**

Гиротрон: особенности конструкции и качественное представление о фазовой группировке в винтовом электронном пучке. Резонаторы гиротронов. Мазеры на циклотронном авторезонансе. Гироприборы с распределенным взаимодействием (гирос-ЛВВ, гиро-ЛБВ, пениотрон).

### **Раздел 8. Современная электроника больших мощностей.**

Лазеры на свободных электронах: параметрический способ управления электронным потоком. Релятивистская плазменная электроника. Понятие предельного вакуумного тока. Генераторы на виртуальном катоде (виркатеры).

### **Раздел 9. Твердотельные устройства электроники СВЧ.**

Диоды Ганна. Лавинно-пролетные диоды. СВЧ транзисторы. Продвижение твердотельных устройств в терагерцовый диапазон: полупроводниковые и сверхпроводящие сверхрешетки, квантовые каскадные лазеры.

## **5. Образовательные технологии**

При реализации различных видов учебной работы (лекции, лабораторные работы, самостоятельная работа) используются следующие современные образовательные технологии:

- Лекционно-семинарско-зачетная система обучения;
- Информационно-коммуникационные технологии
- Проектные методы обучения
- Исследовательские методы в обучении
- Проблемное обучение

В соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки «03.03.03 Радиофизика» реализация компетентностного подхода предусматривает широкое использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий (компьютерные симуляции, разбор конкретных ситуаций, работа над проектами) в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся. Эффективность применения интерактивных форм обучения обеспечивается реализацией следующих условий:

- создание диалогического пространства в организации учебного процесса;
- использование принципов социально-психологического обучения в учебной и внеучебной деятельности;

- мониторинг личностных особенностей и профессиональной направленности студентов;
- формирование психологической готовности преподавателей к использованию интерактивных форм обучения, направленных на развитие внутренней активности студентов.

Использование интерактивных форм и методов обучения направлено на достижение ряда важнейших образовательных целей:

- стимулирование мотивации и интереса в области изучения электронной компонентной базы информационно-телекоммуникационных систем и в общеобразовательном, общекультурном и профессиональном плане;
- повышение уровня активности и самостоятельности обучаемых;
- развитие навыков анализа, критичности мышления, взаимодействия, коммуникации;
- саморазвитие и развитие обучаемых благодаря активизации мыслительной деятельности и диалогическому взаимодействию с преподавателем и другими участниками образовательного процесса.

На факультете предусмотрена также возможность получения высшего образования гражданами с ограниченными возможностями здоровья и инвалидами. В данном случае при изучении отдельных дисциплин применяются следующие адаптивные технологии:

- Индивидуальные консультации;
- Педагогическое сопровождение учебного процесса студентов с ограниченными возможностями здоровья в зависимости от нозологий, например, опорные конспекты лекций для студентов с патологиями слуха, аудиозаписи лекций для студентов с патологиями зрения;
- Увеличение времени на 30% при подготовке к ответу во время промежуточной аттестации.

## **6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.**

Важную роль при освоении дисциплины «Электронные приборы» играет самостоятельная работа студентов. Самостоятельная работа способствует:

- углублению и расширению знаний;
- формированию интереса к познавательной деятельности;
- овладению приёмами процесса познания;
- развитию познавательных способностей.

Самостоятельная работа студентов имеет основную цель — обеспечить качество подготовки выпускаемых специалистов в соответствии с



требованиями основной образовательной программы по направлению подготовки бакалавров «Радиофизика».

К самостоятельной работе относятся:

- самостоятельная работа на аудиторных занятиях (лекциях, семинарах, коллоквиумах, практических и лабораторных занятиях);
- внеаудиторная самостоятельная работа.

**Виды самостоятельной работы обучающегося:**

- Работа с конспектами лекций и рекомендованной литературой.
- Решение задач, предлагаемых для домашнего задания на практических занятиях.
- Подготовка заданий с решениями задач, оформленных в соответствии с установленными требованиями.
- Проведение компьютерных экспериментов с помощью разработанных демонстрационных программ.
- Чтение и реферирование предлагаемых преподавателем статей из современной научной периодической литературы по тематике курса.
- Написание рефератов по отдельным разделам дисциплины.

Оценочные средства для текущего контроля успеваемости: задания, предлагаемые на практических занятиях, вопросы для контроля самостоятельной работы и вопросы к промежуточной аттестации находятся в Приложении «Фонд оценочных средств дисциплины «Электронные приборы».

## 7. Данные для учета успеваемости студентов в БАРС

Формами промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины «Электроника сверхвысоких частот и телекоммуникационные технологии» являются зачет и экзамен. Зачет проставляется по результатам выполнения лабораторных работ в физическом практикуме, экзамен — по итогам освоения теоретического материала.

Таблица 1.1 Таблица максимальных баллов по результатам выполнения работ в физическом практикуме (зачет).

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Семестр	Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	Самостоятельная работа	Автоматизированное тестирование	Другие виды учебной деятельности	Промежуточная аттестация	Итого
7	0	40	0	40	0	0	20	100

**Программа оценивания учебной деятельности студента**

## **Лабораторные занятия**

Работа студента при выполнении экспериментов в лаборатории в течение семестра оценивается преподавателями, ведущими лабораторные занятия. За каждую из выполненных лабораторных работ выставляется оценка до 5 баллов в зависимости от полноты и правильности выполненных упражнений, ответов на контрольные вопросы, качества оформления протоколов измерения.

Максимальная сумма баллов, которую может получить студент за выполнение лабораторных работ, составляет 40 баллов.

## **Лекции (0-40 баллов)**

Работа студента **на лекциях** оценивается по следующим критериям:

### **1. Выполнение контрольных работ:**

- Контрольная работа № 1 по темам «Основы теории излучения», «Динамический способ управления электронными потоками. Клистроны» на 7 неделе семестра – максимум 10 баллов.
- Контрольная работа № 2 проводится по темам «Приборы М-типа. Магнетроны. Амплитроны», «Лампы бегущей волны» на 12 неделе семестра – максимум 10 баллов.
- Контрольная работа № 3 проводится по темам «Лампы обратной волны», «Мазеры на циклотронном резонансе» на 15 неделе семестра – максимум 10 баллов.

2. Участие в обсуждениях, дискуссиях, проводимых в рамках лекционных занятий – максимум 10 баллов за семестр.

## **Самостоятельная работа.**

При освоении дисциплины используются следующие формы контроля самостоятельной работы:

- предоставление реферата – максимум 10 баллов,
- предоставление результатов решения сформулированных на лекциях задач по основным разделам курса – максимум 10 баллов.

## **Промежуточная аттестация**

Экзамен может проводиться в форме компьютерного тестирования или в устной форме, по решению кафедры, обеспечивающей данную дисциплину. Итоговый тест состоит из 40 вопросов, на прохождение теста студенту отводится 60 минут. За каждый полный и правильный ответ студенту начисляется один балл, всего после прохождения теста студент может набрать от нуля до 40 баллов.

В случае проведения экзамена в устной форме, максимальная сумма баллов, которую может получить студент за прохождение промежуточной аттестации, также составляет 40 баллов.

31 – 40 баллов:

Студент демонстрирует всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, умение свободно выполнять задания, предусмотренные программой, творческие способности в понимании, изложении и использовании материала.

21 – 30 баллов:

Студент демонстрирует полное знание учебного материала, правильно выполняет задания, предусмотренные программой, показывает систематический характер знаний по дисциплине.

11 – 20 баллов:

Студент демонстрирует знания основного учебного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по специальности, однако допускает погрешности в ответе на экзамене и при выполнении экзаменационных заданий, но способен их устранить под руководством преподавателя.

0 – 10 баллов:

Студент демонстрирует «отрывочные» знания основного учебного материала, допускает принципиальные ошибки в ответе на экзамене и при выполнении экзаменационных заданий.

Таким образом, максимально возможная сумма баллов за все виды учебной деятельности студента за один семестр по результатам выполнения всех видов теоретических работ составляет 100 баллов.

Таблица 3. Таблица пересчета полученной студентом суммы баллов по дисциплине в оценку (экзамен):

80-100 баллов	«отлично»
60-79 баллов	«хорошо»
30-59 баллов	«удовлетворительно»
0-29 баллов	«не удовлетворительно»

## 8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### а) основная литература:

1. Методы нелинейной динамики и теории хаоса в задачах электроники сверхвысоких частот [Текст] : в 2 т. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2009.  
Т. 1 : Стационарные процессы / под ред. А. А. Кураева, Д. И. Трубецкого. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2009.
2. Методы нелинейной динамики и теории хаоса в задачах электроники сверхвысоких частот [Текст] : в 2 т. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2009.  
Т. 2 : Нестационарные и хаотические процессы / под ред. А. А. Короновского, Д. И. Трубецкого, А. Е. Храмова. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2009

### б) дополнительная литература:

1. Трубецков Д.И., Храмов А.Е. Лекции по сверхвысокочастотной электроники для физиков. В 2-х т. М: Физматлит, 2003, 2004
2. Рабинович М.И., Трубецков Д.И. Введение в теорию колебаний и волн. 2-е издание, М.: Наука, 2000.
3. Трубецков Д.И., Рожнев А.Г., Соколов Д.В. Лекции по СВЧ вакуумной микроэлектронике. Саратов.: ГосУНЦ «Колледж», 1996.
4. Лифшиц Е.М., Питаевский Л.П. Теоретическая физика. Т.10. Физическая кинетика. - М.: Физматлит, 2007.
5. Сушков А.Д. Вакуумная электроника. Физико-технические основы. СПб. – М. – Краснодар: Лань. 2004
6. Атабеков Г.И. Основы теории цепей. СПб. – М. – Краснодар: Лань 2006
7. Шевчик В.Н., Шведов Г.Н., Соболева А.В. Волновые и колебательные явления в электронных потоках на сверхвысоких частотах. Саратов: Изд.-во СГУ. 1963.
8. Трубецков Д.И., Рожнев А.Г., Соколов Д.В. Лекции по сверхвысокочастотной вакуумной микроэлектронике. Саратов: Изд.-во ГосУНЦ - Колледж, 1996.

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы

1. OS MS Windows XP
2. Adobe Acrobat Reader
3. MS Office 2003
4. Gnuplot
5. Учебно-методические материалы по курсу  
<http://www.sgu.ru/ie/nel/5>

### 9. Материально-техническое обеспечение дисциплины

1. Мультимедийное оборудование;
2. Компьютерное оборудование с лицензионным или свободно распространяемым программным обеспечением.


Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению 03.03.03 «Радиофизика».

Автор:  
Доцент кафедры ЭКиВ,  
к.ф.-м.н.

  
Егоров Е.Н.

Программа одобрена на заседании кафедры электроники, колебаний и волн от «18» октября 2016 года, протокол № 10.

Подписи:  
Зав. кафедрой ЭКиВ,

  
Трубецков Д.И.

Декан факультета  
нелинейных процессов,

  
Левин Ю.И.

Декан физического факультета

  
Аникин В.М.

*Приложение к рабочей программе*

Перечень программного обеспечения, используемого при обучении студентов

физического факультета по направлению  
03.03.03 «Радиофизика»  
профиль «Физика и техника электронных средств»

Кроме программных пакетов и утилит, входящий в стандартную поставку ОС Debian 8 (список используемых лицензий:

<https://www.debian.org/legal/licenses/>), 9 и Ubuntu 16.04 xenial

<b>Название программного обеспечения</b>	<b>Версия</b>	<b>Лицензия</b>
ОС Debian	8	<a href="https://www.debian.org/legal/licenses/">https://www.debian.org/legal/licenses/</a>
ОС Debian	9	<a href="https://www.debian.org/legal/licenses/">https://www.debian.org/legal/licenses/</a>
Ubuntu	16.04 Xenial	<a href="http://releases.ubuntu.com/16.04/">http://releases.ubuntu.com/16.04/</a>
Brasero	3.11.4	GNU GPL
GROMACS	4.6.3	GNU LGPL
GNU Image Manipulation Program (GIMP)	2.8.14	GNU GPL
GParted	0.19.0	GNU FDL
Google Chrome	53.0.2785.116	Условия предоставления услуг Google Chrome ( <a href="https://www.google.com/chrome/browser/privacy/eula_text.html">https://www.google.com/chrome/browser/privacy/eula_text.html</a> )
HandBrake	0.10.1	GNU GPL
Inkscape	0.48.5	GNU GPL
LibreOffice	5.2.1.2	Mozilla Public License
Transmission	2.92	<b>GNU GPL</b>
Sublime Text 3	Build 3126	Пользовательское соглашение ( <a href="https://www.sublimetext.com/eula">https://www.sublimetext.com/eula</a> )

Vim	7.4.1829	GNU GPL-совместимая
Xarchiver	0.5.4	GNU
Qt Creator	4.1.0	GNU LGPL
Visual Molecular Dynamics	1.9.2	Пользовательское соглашение <a href="http://www.ks.uiuc.edu/Research/vmd/current/LICENSE.html">http://www.ks.uiuc.edu/Research/vmd/current/LICENSE.html</a>
LAMMPS		GPL
Salome_Meca	2015.2	LGPL
CalculiX	0.2	GNU GPL
Htop	2.0.2	GNU GPL
GParted	3.2	GNU GPL2
PsychoPY	1.83.04	GNU GPL
FreeCAD	0.15	LGPL2+, GNU GPL2+
LibreCAD	1.0.0	GNU GPL2
InkScape	0.91	GNU GPL2
Texmaker	4.4.1	GNU GPL2
DFTB+	1.2	Пользовательское соглашение ( <a href="http://www.dftb-plus.info/download/registration/">http://www.dftb-plus.info/download/registration/</a> )
SMPlayer	16.4.0	GNU GPL2
Midnight Commander	4.8.17	GNU GPL3
CUPS	2.1.0	GNU GPL, GNU LGPL
Meep	1.3	GNU GPL 2+
Cisco Packet Tracer	7.0	Proprietary (бесплатная регистрация)
PartSim		<a href="http://www.partsim.com/">http://www.partsim.com/</a>
Circuit Simulator	version 2.1.4js (pfalstad)	<a href="http://www.falstad.com/">http://www.falstad.com/</a>
Gaussian	G09	Proprietary (лицензия СГУ)