

Правительство Российской Федерации

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
"Национальный исследовательский университет
"Высшая школа экономики"**

МОСКОВСКИЙ ИНСТИТУТ ЭЛЕКТРОНИКИ И МАТЕМАТИКИ

Факультет информационных технологий и вычислительной техники

Программа дисциплины

Схемотехническое моделирование радиоэлектронной аппаратуры

для направления 09.04.01 «Информатика и вычислительная техника»
подготовки магистра
по магистерской программе
«Компьютерное моделирование в космической технике и технологии»

Авторы программы:

Тумковский С.Р., д.т.н., профессор, stumkovskiy@hse.ru

Полесский С.Н., к.т.н., доцент, spolessky@hse.ru

Рекомендована профессиональной коллегией УМС по направлению «Информатика»

Председатель

" ____ " _____ 2014 г.

Одобрена на заседании кафедры «Информационные технологии и автоматизированные системы»

Зав. кафедрой

_____ С.Р. Тумковский

" ____ " _____ 2014 г.

Москва, 2014

Настоящая программа не может быть использована другими подразделениями университета и другими вузами без разрешения кафедры-разработчика программы.



1 Область применения и нормативные ссылки

Настоящая программа учебной дисциплины устанавливает минимальные требования к знаниям и умениям студента и определяет содержание и виды учебных занятий и отчетности.

Программа предназначена для преподавателей, ведущих данную дисциплину, учебных ассистентов и студентов направления подготовки 09.04.01 «Информатика и вычислительная техника», обучающихся по магистерской программе «Компьютерное моделирование в технике и технологиях», изучающих дисциплину «Схемотехническое моделирование радиоэлектронной аппаратуры».

Программа разработана в соответствии с:

- ФГОС ВПО по направлению подготовки 09.04.01 «Информатика и вычислительная техника»;
- Рабочим учебным планом университета по направлению подготовки 09.04.01 «Информатика и вычислительная техника», утвержденным в 2014 г.

2 Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины «Схемотехническое моделирование радиоэлектронной аппаратуры» являются освоение студентами методов и принципов схемотехники, математического моделирования в области исследования радиоэлектронной аппаратуры и процессов, путем формирование у них представлений и фундаментальных понятий о схемотехническом моделировании, методах построения и исследования моделей; ознакомление с принципами моделирования бортовой радиоэлектронной аппаратуры, как сложной системы, реализующих новые информационные технологии, изучение инструментальных (программных и технических) средств моделирования процессов функционирования.

3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

В результате освоения дисциплины студент должен:

Знать:

1. базовые концепции, принципы, модели и методы в области схемотехнического моделирования радиоэлектронной аппаратуры;
2. техническое обеспечение САПР;



3. типовые программные продукты, ориентированные на решение научных, проектных и технологических задач.
4. фундаментальные понятия о моделировании.

Уметь:

1. формализовать физические и технические процессы;
2. представлять техническое решение средствами компьютерной графики и геометрического моделирования;
3. использовать стандартные пакеты прикладных программ для решения практических задач в области приборостроения, в том числе проводить схемотехническое моделирование приборов и систем;
4. выбирать типы моделей и их структуру в зависимости от поставленных задач;
5. использовать прикладные программы и разрабатывать алгоритмы для решения задач схемотехнического моделирования;
6. применять методы выполнения моделирования и оценки их выходных характеристик.

Иметь навыки (приобрести опыт):

1. Владеть навыками и принятия решений по результатам схемотехнического моделирования;
2. Качественного исследования задач моделирования с использованием современного САПР;
3. Принятия решений по результатам схемотехнического моделирования;
4. Проектирование в стандартных системах моделирования;
5. Построение задач для выполнения моделирования физических процессов, протекающих в бортовой радиоэлектронной аппаратуре;
6. Использование методов моделирования при решении конструкторских и проектных задач.

Дисциплина «Схемотехническое моделирование радиоэлектронной аппаратуры» способствует формированию у студентов следующих компетенций:

Компетенция	Код по ФГОС/ НИУ	Дескрипторы – основные признаки освоения (показатели достижения результата)	Формы и методы обучения, способствующие формированию и развитию компетенции
Способен к самостоятельному обучению новым методам исследования	ОК-2	Демонстрирует способность самостоятельного поиска, анализа информации по темам, вы-	Самостоятельная работа студента



Компетенция	Код по ФГОС/ НИУ	Дескрипторы – основные признаки освоения (показатели достижения результата)	Формы и методы обучения, способствующие формированию и развитию компетенции
ния, к изменению научного и научно-производственного профиля своей профессиональной деятельности		носимым на самостоятельное изучение	
Способен самостоятельно приобретать с помощью информационных технологий и использовать в практической деятельности новые знания и умения, в том числе в новых областях знаний, непосредственно не связанных со сферой деятельности	ОК-6	Студент демонстрирует умение использование современных средств автоматизации для самостоятельного осуществления задачи моделирования объекта исследования	Самостоятельная работа студента
Формировать технические задания и участвовать в разработке аппаратных и/или программных средств вычислительной техники	ПК-4	Демонстрирует способность в разработке технического задания современной наукоемкой аппаратура, а также сопровождения во время проектирования	Самостоятельная работа студента, лекции, практические занятия
Способен выбирать методы и разрабатывать алгоритмы решения задач управления и проектирования объектов автоматизации	ПК-5	Формализует проблему как объект моделирования, выбирает метод ее решения, интерпретирует и анализирует результат	Лекции, практические занятия, самостоятельная работа студента

4 Место дисциплины в структуре образовательной программы

Настоящая дисциплина входит в вариативную часть профессионального цикла дисциплин специализации подготовки «Компьютерное моделирование бортовой радиоэлектронной аппаратуры» образовательной программы подготовки магистра по направлению 09.04.01 «Информатика и вычислительная техника».

Изучение данной дисциплины базируется на дисциплинах математического и естественнонаучного, а также профессионального циклов, в том числе: Математический анализ; Алгебра и геометрия, Информатика, Основы программирования, Информатика и информационные технологии, ЭВМ и периферийные устройства, Основы моделирования, Компьютерная графика, Разработка САПР, Теоретические основы электротехники.



Для освоения учебной дисциплины, студенты должны владеть следующими знаниями и компетенциями:

- Знать основные понятия и методы указанных дисциплин;
- Уметь логически правильно выстраивать рассуждения;
- Владеть навыками программирования, системного проектирования и информационных технологий.

Основные положения дисциплины должны быть использованы в дальнейшем при изучении следующих дисциплин: Модели и методы расчета бортовой РЭА; Моделирование физических процессов в РЭА; Моделирование надежности РЭА; Электромагнитная совместимость бортовой РЭА; Основы проектирования КА.

5 Тематический план учебной дисциплины

№	Название раздела	Всего часов	Аудиторные часы			Самостоятельная работа
			Лекции	Семинары	Практические занятия	
1	Задачи схемотехнического моделирования РЭА	36	6		6	24
2	Проектирование РЭА на схемотехническом уровне: основные методы	42	6		6	30
3	Математические модели в задачах автоматизированного конструкторского схемотехнического проектирования	52	10		10	32
4	Алгоритмы топологического синтеза РЭА	50	10		10	30
	Итого	180	32		32	116

6 Формы контроля знаний студентов

Тип контроля	Форма контроля	1 год				Параметры **
		1	2	3	4	
Текущий (неделя)	Лабораторные работы	*	*			По темам лекций и практических занятий
	Домашнее задание	*				По темам лекций и практических занятий
	Контрольная работа		*			По темам лекций и практических занятий
Промежуточный	Экзамен	*				Аналитическое заключение по выполненной работе, отчеты по лабораторным работам, дополнительно 1 вопрос в билете
Итоговый	Экзамен		*			Устный зачет: отчеты по лабораторным



						работам, дополнительно 2 вопроса в билете
--	--	--	--	--	--	---

6.1 Критерии оценки знаний, навыков

На лекциях и практических занятиях студент должен проявить способность выбирать и разрабатывать модели схемотехнического проектирования в современных системах САПР, использовать методы исследования объектов на основе общих тенденций развития схемотехнического моделирования радиоэлектронной аппаратуры космической техники и технологии с использованием современного САПР, а также использование современных технических и программных средств. При подготовке домашнего задания студент должен продемонстрировать способность к самостоятельному обучению новым методам исследования и способность к формализации в своей предметной области с учетом ограничений используемых методов исследования.

При выполнении домашнего задания по теме в рамках изучаемой дисциплины студент должен показать способность к проектной деятельности в профессиональной сфере на основе системного подхода, умение строить и использовать схемотехнические модели для описания и анализа радиоэлектронной аппаратуры, осуществлять их качественный анализ. В соответствии с задачей, поставленной в теме задания студент должен показать умение формировать техническое задание и способность руководить вопросами схемотехнического моделирования объекта исследования.

Оценки по всем формам текущего контроля выставляются по 10-ти балльной шкале.

6.2 Порядок формирования оценок по дисциплине

Преподаватель оценивает работу студентов на практических занятиях и самостоятельную работу в рамках выбранной темы по подготовке к каждому занятию. На оценку текущего контроля (за практическую работу) влияет:

- правильность выполнения работы;
- грамотность, аккуратность, понятность и последовательность изложения материала в отчетах по выполнению практических работ;
- знание базовых определений и терминов.

Оценки за работу на практических занятиях преподаватель выставляет в рабочую ведомость. Накопленная оценка $O_{накопленная}$ определяется по 10-ти балльной шкале по результатам текущего контроля (практические занятия) перед итоговым контролем и объявляется на последнем практическом занятии.

Накопленная оценка за текущий контроль учитывает результаты студента по текущему контролю следующим образом:



$$O_{\text{накопленная}} = 0,333 * O_{\text{текущий}} + 0,333 * O_{\text{ауд}} + 0,333 * O_{\text{сам. работа}}$$

где $O_{\text{текущий}}$ рассчитывается как взвешенная сумма всех форм текущего контроля, предусмотренных в РУП.

$$O_{\text{текущий}} = 0,5O_{\text{кр}} + 0,5O_{\text{дз}}$$

Результующая оценка за дисциплину рассчитывается следующим образом (дисциплина преподается 2 модуля):

$$O_{\text{промежуточная } i} = 0,5 \cdot O_{\text{текущая } i \text{ этапа}} + 0,5 \cdot O_{\text{промежуточный зачет}}$$

где $O_{\text{текущая } i \text{ этапа}}$ рассчитывается по приведенной выше формуле.

Итоговая оценка по дисциплине оценивается по следующей формуле:

$$O_{\text{накопленная итоговая}} = (O_{\text{промежуточная } 1} + O_{\text{промежуточная } 2}) : \text{на } 2 \text{ модуля}$$

где $O_{\text{промежуточная } 1} + O_{\text{промежуточная } 2}$ – промежуточные оценки.

Способ округления результирующей оценки по учебной дисциплине – арифметический.

Оценка за итоговый контроль **блокирующая**, при неудовлетворительной итоговой оценке она равна накопленной итоговой оценки.

7 Содержание дисциплины

Раздел 1. Задачи схемотехнического моделирования РЭА

Тема 1. Основные понятия теории схемотехнического моделирования. Общие принципы и методы схемотехнического моделирования.

Моделирование – это процесс замещения изучаемого объекта другим с целью получения информации о важнейших свойствах объекта-оригинала с помощью объекта-модели, т.е. моделирование, может быть еще определено как представление объекта моделью для получения информации об этом объекте путем проведения экспериментов с его моделью. В зависимости от характера изучаемых процессов все виды моделирования могут быть разделены на детерминированные и стохастические, статические и динамические, дискретные, непрерывные и дискретно-непрерывные.

(3 ч. лекций + 3 ч. практических занятий)

Самостоятельная работа (12 ч.)

Литература: [1, 3,15,17].



Тема 2. Задачи схемотехнического моделирования в радиоэлектронной аппаратуре.

В качестве одного из первых признаков классификации видов моделирования можно выбрать степень полноты модели и разделить модели в соответствии с этим признаком на полные, неполные и приближенные. В основе полного моделирования лежит «полное» подобие, которое проявляется как во времени, так и в пространстве. Для неполного моделирования характерно неполное подобие модели изучаемому объекту.

(3 ч. лекций + 3 ч. практических занятий)

Самостоятельная работа (12 ч.)

Литература: [2, 3,15,16].

Раздел 2. Проектирование РЭА на схемотехническом уровне: основные методы

Тема 3. Алгоритмы моделирования электронных схем на основе метода узловых потенциалов и метода расширенного неоднородного координатного базиса.

Рассмотрение двух алгоритмов моделирования электронных схем в следующем порядке : постановка проблемы и ее качественный анализ, построение математической модели, математический анализ модели, подготовка исходной информации, численное решение, анализ численных результатов и их применение.

(3 ч. лекций +3 ч. практических занятий)

Самостоятельная работа (12 ч.)

Литература: [3, 5 , 18, 22].

Тема 4. Функции параметрической чувствительности и учет влияния отклонений параметров на выходные характеристики РЭА.

Описание функции параметрической чувствительности. Параметрическая чувствительность — чувствительность объекта к отклонениям параметров его основных частей от номинальных значений основных характеристик объекта. Рассмотрено влияние отклонений параметров на выходные характеристики аппаратуры.

(3 ч. лекций +3 ч. практических занятий)

Самостоятельная работа (12 ч.)

Литература: [3, 5 , 18, 22].



Раздел 3. Математические модели в задачах автоматизированного конструирования схемотехнического проектирования.

Тема 5. Автоматизированный синтез конструкций РЭА. Процедуры синтеза геометрической структуры из примитивов. Математические модели в задачах конструкторского проектирования монтажно-коммутационных пространств.

(5ч. лекций + 5 ч. практических занятий)

Самостоятельная работа (16 часов)

Литература: [4, 6, 20, 22].

Тема 6. Методы моделирования электрических процессов.

(5ч. лекций + 5 ч. практических занятий)

Самостоятельная работа (16 часов)

Литература: [4, 6, 20, 22].

Раздел 4. Алгоритмы топологического синтеза РЭА.

Тема 7. Методы исследований при синтезе и анализе технических систем с применением математических моделей. Аналитические, структурные, топологические, морфологические модели.

(5 ч. лекций + 5 ч. практических занятий)

Самостоятельная работа (15 часов)

Литература: [2, 7, 8, 10, 25].

Тема 8. Критерии и алгоритмы трассировки проводных соединений и печатного монтажа в РЭА. Рассмотрены алгоритм Прима, Лучевой, Волновой и его модификации, эвристический.

(5 ч. лекций + 5 ч. практических занятий)



Самостоятельная работа (15 часов)

Литература: [11, 12, 27].

8 Образовательные технологии

Занятия по курсу проходят в форме лекций и практических занятий. На практических занятиях преподаватель демонстрирует методы решения задач, а также разбираются некоторые примеры из домашнего задания, которые вызвали проблемы у студентов при самостоятельном решении. Для достижения хороших результатов при изучении дисциплины студентам необходимо самостоятельно дома решать задания, выданные преподавателем, а также разбирать материалы лекций или соответствующие темы в рекомендованных учебниках. Отдельные темы предлагаются студентам для самостоятельного изучения. На занятиях затем студенты выступают с сообщениями по заданной теме.

9 Оценочные средства для текущего контроля и аттестации студента

9.1 Тематика заданий текущего контроля (типовые темы самостоятельной работы)

1. Проведение комплексных расчетов с применением САПР отдельных узлов или устройств в целом;
2. Системные принципы построения расчетных моделей проектирования;
3. Модели физических процессов, протекающих в узлах РЭА;
4. Типовые методики исследования характеристик РЭА на основе моделирования физических процессов;
5. Основы математического обеспечения автоматизированного топологического проектирования РЭА;
6. Программные средства моделирования разнородных физических процессов в РЭА;
7. Программные средства автоматизации сложноформализуемых и неформализуемых проектных процедур;
8. Математические модели для решения задач размещения;
9. Математические модели для решения задач трассировки печатных проводников;



10. Создание интерактивных электронных технических руководств для различных типов узлов РЭА;
11. Разработка моделей устройств и проведение исследований на их основе.

9.2 Вопросы для оценки качества освоения дисциплины

Примерный перечень вопросов к экзамену:

1. Основные понятия схемотехнического моделирования радиоэлектронной аппаратуры?
2. Задачи и этапы проектирования РЭА. Сущность схемотехнического моделирования?
3. Стадии проектирования РЭА?
4. Пакеты прикладных программ автоматизированного проектирования и моделирования РЭА?
5. Пакеты программ схемотехнического проектирования радиоэлектронных средств и устройств?
6. Программные системы для электродинамического моделирования СВЧ-устройств и полей?
7. Математические модели РЭА и их элементов?
8. Схемные элементы РЭА и их компонентные уравнения?
9. Алгоритмы анализа аналоговых устройств?
10. Проектирование узлов РЭА во временной области?
11. Метод узловых потенциалов?
12. Метод контурных токов?
13. Метод переменных состояний?
14. Моделирование статического режима?
15. Моделирование переходных процессов узлов РЭА?
16. Методы моделирования РЭА в частотной области?
17. Методы перехода от математической модели к цифровой?
18. Метод несущей?
19. Метод комплексной огибающей?
20. Метод статистических эквивалентов?
21. Метод информационного параметра?
22. Комбинированные методы?
23. Алгоритмы анализа цифровых устройств?
24. Методы моделирования полей?
25. В чем заключается системный подход в автоматизированном проектировании РЭА?



26. Что включает в себя информационная модель процесса автоматизированного проектирования РЭА?
27. Какие проектные процедуры выполняются с применением САПР
28. Какие расчетные модели физических процессов в РЭА применяются в процессе АП?
29. Какие компоненты (активные и пассивные) входят в состав топологических моделей, представляемых в виде ненаправленных графов? Привести примеры компонентов моделей.
30. В чем заключается сущность метода аналогий при исследовании физических процессов в РЭА путем математического моделирования?
31. В чем заключается иерархическое математическое моделирование электрических характеристик РЭА?
32. Каким образом можно построить процесс совместного моделирования электрических и тепловых характеристик ПС на основе двух автономных подсистем?
33. Классификация электрических моделей ЭРЭ.
34. Какие модификации может иметь модель Эберса – Молла полупроводникового диода?
35. Какие модификации может иметь модель Эберса – Молла биполярного транзистора?
36. Какие модификации может иметь модель транзистора Гуммеля -Пуна?
37. В чем заключается макро моделирование функциональных узлов РЭА?
38. Представить схему классификации методов макро моделирования РЭА.
39. В чем заключается метод упрощения полной модели при макро моделировании РЭА?
40. В чем заключается принцип подобия, используемый при построении макро модели РЭА?
41. В чем заключается метод редукции при построении макро модели РЭА?
42. Изложить постановку задачи идентификации параметров моделей ЭРЭ?
43. Какие существуют методы формирования математических моделей (для матричного вида)?
44. Какие существуют методы анализа математических моделей, представленных в матричном виде?
45. Какую структуру имеет модель безотказности ЭРЭ по внезапным отказам?
46. Каким образом можно смоделировать отклонение выходных характеристик РЭА при воздействиях?
47. Какие модели монтажного пространства используются в задачах ТАП РЭА?
48. Какие существуют методы оптимизации?
49. Какие градиентные методы оптимизации наиболее часто применяются в САПР РЭА?
50. Каким образом строится алгоритм анализа безотказности ЭС по внезапным отказам?
51. Каким образом строится алгоритм анализа долговечности ЭС по предельному состоянию?
52. Каким образом строится алгоритм анализа сохраняемости ЭС по состоянию?



10 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

10.1 Основная литература

1. Хайнеман Р. Компьютерное моделирование работы электронных схем: Пер. с нем. – М.: ДМК Пресс, 2005. – 336 с.
2. Степаненко И.П. Основы микроэлектроники: Учеб. пособие для вузов / И.П. Степаненко. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Лаборатория базовых знаний, 2003. – 488 с.
3. Кофанов Ю.Н. Теоретические основы конструирования, технологии и надежности радиоэлектронных средств: Учебник для вузов. — М.: Радио и связь, 1991, 360 с.
4. Автоматизированная система АСОНИКА для проектирования высоконадёжных радиоэлектронных средств на принципах CALS-технологий. Том 1. // А.С. Шалумов, Н.В. Малютин, Ю.Н. Кофанов и др. – М.: Энергоатомиздат, 2007. – 368 с.
5. Кофанов Ю.Н., Гольдин В.В., Журавский В.Г., Сарафанов А.В. Информационная поддержка жизненного цикла электронных средств: Монография. – М.: Радио и связь, 2002. -379 с.
6. Ногин В.Д. Принятие решений в многокритериальной среде: количественный подход. М.: Физматлит, 2002. – 176 с.
7. Алексеев О.В., Головков А.А., Пивоваров И.Ю. Автоматизация проектирования радиоэлектронных средств. – М.: Высшая школа, 2000. - 479 с.
8. Моисеев Н.Н., Иванилов Ю.П., Столярова Е.М. Методы оптимизации. –М.: Наука, 1978.
9. Сарафанов, А. В. Автоматизация проектирования РЭС / А. В. Сарафанов, С. И. Трегубов. – Красноярск : КГТУ, 1999. – 185 с.
10. Кофанов Ю.Н. Системная теория параметрической чувствительности. – М.: АНО «Академия надёжности», 2010. – 260 с.
11. Тарасенко Ф.П. Прикладной системный анализ: Учебное пособие. – М.: КНОРУС, 2010. - 224 с.
12. Советов, Б.Я. Моделирование систем: учебник для студентов высших учебных заведений / Б. Я. Советов, С. А. Яковлев.— Изд. 3-е, перераб. и доп. — М. : Высшая школа, 2001 .— 342 с.
13. Древис, Ю.Г.. Моделирование систем: учебное пособие / Ю. Г. Древис .— Сургут : Издательство СурГУ, 2002 .— 70 с.
14. Советов, Б.Я. Моделирование систем : практикум : учебное пособие для студентов вузов по направлениям подготовки дипломированных специалистов "Информатика и вычислительная техника" и "Информационные системы" / Б. Я. Советов, С. А. Яковлев .— Изд. 3-е, стереотип. — М. : Высшая школа, 2005 .— 294 с.
15. Рапопорт, Эдгар Яковлевич. Структурное моделирование объектов и систем управления с распределенными параметрами : Учебное пособие для студентов высших учебных заведений / Э. Я. Рапопорт .— М. : Высшая школа, 2003 .— 298 с.

10.2 Дополнительная литература

15. Разевиг В.Д. Схемотехническое моделирование с помощью Micro-Cap 7. М.: Горячая линия – Телеком, 2003. – 367 с.
16. Довгун В.П. Электротехника и электроника: учеб. пособие: в 2-х ч. Ч. 1/В.П. Довгун. - Красноярск: ИПЦ КГТУ, 2006. – 270 с.
17. Трушин С.И. Метод конечных элементов. Теория и задачи. - М.: Ассоциации строительных вузов, 2008. - 256 с.
18. Древис, Ю.Г. Введение в имитационное моделирование : [Учебное пособие] / Ю. Г. Древис, В. В. Золотарев .— М. : Московский инженерно-физический институт, 2002 .— 148 с.



19. Шелухин, О.И. Моделирование информационных систем: учебное пособие для студентов вузов / О. И. Шелухин, А. М. Тенякшев, А. В. Осин ; под. науч. ред. О. И. Шелухина .— М. : Сайнс-Пресс, 2005 .— 367 с.
20. Колесов, Ю.Б. Моделирование систем: объектно-ориентированный подход : учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению подготовки 220100 - "Системный анализ и управление" / Ю. Б. Колесов, Ю. Б. Сениченков .— СПб. : БХВ-Петербург, 2006 (СПб.) .— 185 с.
21. Колесов, Ю.Б.. Моделирование систем: динамические и гибридные системы : учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению подготовки 220100 - "Системный анализ и управление" / Ю. Б. Колесов, Ю. Б. Сениченков .— СПб. : БХВ-Петербург, 2006 (СПб. : Типография "Наука" РАН) .— 224 с.
22. Поршневу, С.В.. Компьютерное моделирование физических систем с использованием пакета MathCad: учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности 030100 "Информатика" / С. В. Поршневу.— М. : Горячая линия - Телеком, 2004 .— 319 с.
23. Боев В.Д. Моделирование систем. Инструментальные средства GPSS World: учебное пособие. - СПб.: БХВ-Петербург, 2004. – 368 с.
24. Советов Б.Я., Яковлев С.А. Моделирование систем. Практикум: учебное пособие для вузов. - М.: Высшая школа, 2003. – 295 с.
25. Томашевский В., Жданова Е. Имитационное моделирование в среде GPSS. – М.: Бестселлер, 2003. – 416 с.
26. Абрамешин А.Е., Жаднов В.В., Полесский С.Н. Информационная технология обеспечения надежности электронных средств наземно-космических систем: научное издание. / Отв. ред. В.В. Жаднов. - Екатеринбург: Форт Диалог-Исеть, 2012. - 565 с.

10.3 Программные средства

Для успешного освоения дисциплины, студент использует следующие программные средства:

- SolidWorks;
- AltiumDesigner;
- AnyLogic;
- АСОНИКА;
- MathCAD;
- MSVisio.

10.4 Дистанционная поддержка дисциплины

Домашние задания отправляются студентам по e-mail. Выполненные задания студенты отправляют преподавателю, он осуществляет их предварительную проверку. Доступны электронные версии некоторых пособий (список литературы)



11. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Практические занятия проводятся в дисплейном классе на РС-совместимых персональных компьютерах с установленным лицензионным и свободно-распространяемым программным обеспечением для осуществления решения текущих задач по дисциплине. Для проведения лекций и практических занятий используется проектор.