

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
Моделирование в САПР**

для направления 230100.68
«Информатика и вычислительная техника»
подготовки магистра
по магистерской программе
«Компьютерное моделирование в технике и технологии»

Автор программы:

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

Рекомендована профессиональной колле-
гией УМС по направлению «Информатика

Председатель

" ____ " _____ 2013 г.

Одобрена на заседании кафедры «Инфор-
мационные технологии и автоматизиро-
ванные системы»

Зав. кафедрой

_____ С.Р. Тумковский

" ____ " _____ 2013 г.

Москва, 2013

*Настоящая программа не может быть использована другими подразделениями универ-
ситета 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 230100.68 «Информатика и вычислительная техника», обучающихся по магистерской программе «Компьютерное моделирование техники и технологии» изучающих дисциплину «Моделирование в САПР».

Программа разработана в соответствии с:

- ФГОС ВПО по направлению подготовки 230100 «Информатика и вычислительная техника»;
- Рабочим учебным планом университета по направлению подготовки 230100.68 «Информатика и вычислительная техника», утвержденным в 2013 г.

2 Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины «Моделирование в САПР» являются освоение студентами методов математического моделирования в области исследования бортовой радиоэлектронной аппаратуры и процессов путем формирования у них представлений и фундаментальных понятий о 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. Задачи исследования и оптимизации бортовой радиоэлектронной аппаратуры на основе методов математического моделирования;
2. Основные принципы моделирования физических процессов протекающих в бортовой радиоэлектронной аппаратуре;
3. Фундаментальные понятия о моделировании;
4. Свойства моделируемого объекта и внешних воздействий.



Уметь:

1. Интерпретировать реальные задачи моделирования объекта, записывать их формальную математическую постановку;
2. Выбирать типы моделей и их структуру в зависимости от поставленных задач составить план решения оптимизационной задачи;
3. Рассчитывать параметры и основные характеристики моделей любого из рассмотренных классов;
4. Применить методы моделирования бортовой радиоэлектронной аппаратуры;
5. Использовать прикладные программы и разрабатывать алгоритмы для решения задач моделирования.
6. Выбирать модели по их направленности, возможностям и специфике моделируемых объектов;
7. Применять методы синтеза и исследования моделей;
8. Применять методы выполнения моделирования и оценки их выходных характеристик.

Иметь навыки (приобрести опыт):

1. Выбора адекватных методов исследования моделей;
2. Построение конкретных моделей осуществление моделирования физических процессов;
3. Владеть навыками и принятия решений по результатам математического моделирования;
4. Качественного исследования задач моделирования с использованием современного САПР;
5. Принятия решений по результатам математического моделирования;
6. Планирование эксперимента;
7. Проектирование в стандартных системах моделирования.
8. Построение задач для выполнения моделирования физических процессов, протекающих в бортовой радиоэлектронной аппаратуре.
9. Использование методов моделирования при решении конструкторских и проектных задач.

Дисциплина «Моделирование САПР» 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, к изменению научного и научно-производственного профиля своей профессиональной деятельности	ОК-2	Демонстрирует способность самостоятельного поиска, анализа информации по темам, выносимым на самостоятельное изучение	Самостоятельная работа студента
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 подготовки образовательной программы подготовки магистра по направлению 230100.68 «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.



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	Основные понятия теории моделирования	16	4		6	14
2	Общий алгоритм моделирования	12	2		4	16
3	Процедура принятия решений по результатам моделирования	12	2		4	10
4	Методы исследований при синтезе и анализе бортовой РЭА КА с применением математических моделей	24	4		6	36
5	Особенности исследования физических процессов по средствам математического моделирования	26	6		10	28
6	Построение и исследование экспериментально-статистических моделей	14	4		6	10
7	Планирование имитационных экспериментов с моделями. Принципы «черного ящика» и «серого ящика»	20	4		6	20
8	Вероятностные методы в задачах оценки и обеспечения надежности бортовой РЭА	20	4		8	20
	Итого	234	30		50	154



6 Формы контроля знаний студентов

Тип контроля	Форма контроля	1 год				Параметры **
		1	2	3	4	
Текущий (неделя)	Доклад на практическом занятии			*	*	Презентация, 10-15 слайдов. Электронная форма.
	Домашнее задание			*	*	По темам самостоятельной работы
	Контрольная работа			*	*	По темам лекций
Промежуточный	Зачет			*		Аналитическое заключение по выполненной работе, презентация работы, дополнительно 1 вопрос в билете
Итоговый	Зачет				*	Устный зачет: сдача календарного плана, домашнее задание, дополнительно 2 вопроса в билете

6.1 Критерии оценки знаний, навыков

На лекциях и практических занятиях студент должен проявить способность выбирать и разрабатывать модели проектирования в современных системах САПР, использовать методы исследования объектов на основе общих тенденций развития моделирования радиоэлектронной аппаратуры космической техники и технологии с использованием современного САПР, а также использование современных технических и программных средств. При подготовке докладов, презентаций и 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 модели для описания и прогнозирования различных физических явлений, осуществлять их качественный и количественный анализ. В соответствии с задачей, поставленной в теме задания студент должен показать умение формировать техническое задание и способность руководить вопросами 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 бальной 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:

$O_{накопленная} = 0,333 * O_{текущий} + 0,333 * O_{ауд} + 0,333 * O_{сам. работа}$
где $O_{текущий}$ рассчитывается как взвешенная сумма всех форм текущего контроля, предусмотренных в РУП.

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

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

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

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

Итоговая оценка по дисциплине оценивается по следующей формуле:

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

где $O_{промежуточная 1} + O_{промежуточная 2}$ – промежуточные оценки этапа 1, а $O_{накопленная 2}$ – накопленная оценка последнего этапа перед итоговым зачетом.

Способ округления результирующей оценки по учебной дисциплине – арифметический.

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

7 Содержание дисциплины

Раздел 1. Основные понятия теории моделирования.

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

(2 ч. лекций + 2 ч. практических занятий)

Самостоятельная работа (4 ч.)

Литература: [1, 3,15,17].

Тема 2. Задачи моделирования в бортовой радиоэлектронной аппаратуре. Классификации моделей в зависимости от вида моделирования и свойств.

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.

(2 ч. лекций + 2 ч. практических занятий)

Самостоятельная работа (4 ч.)

Литература: [2, 3,15,16].

Раздел 2. Общий алгоритм моделирования.

Тема 3. Общий алгоритм моделирования. Понятие адекватности модели. Использование модели как средства для исследования моделируемой системы. Математическое моделирование физических процессов технической системы.

Рассмотрение моделирования 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.

(2 ч. лекций + 4 ч. практических занятий)

Самостоятельная работа (6 ч.)



Литература: [3, 5 , 18, 22].

Раздел 3. Процедура принятия решений по результатам моделирования.

Тема 4. Процедура принятия решений по результатам моделирования. Имитационные модели информационных процессов в системах.

(2 ч. лекций + 4 ч. практических занятий)

Самостоятельная работа (6 часов)

Литература: [4, 6, 20, 22].

Раздел 4. Методы исследований при синтезе и анализе бортовой РЭА с применением математических моделей.

Тема 5. Методы исследований при синтезе и анализе технических систем с применением математических моделей. Аналитические, структурные, топологические, морфологические модели.

(4 ч. лекций + 4 ч. практических занятий)

Самостоятельная работа (16 часов)

Литература: [2, 7, 8, 10, 25].

Раздел 5. Особенности исследования физических процессов по средствам математического моделирования.

Тема 6. Особенности исследования физических процессов по средствам математического моделирования.

(6 ч. лекций + 8 ч. практических занятий)

Самостоятельная работа (12 часов)

Литература: [11, 12, 27].

Раздел 6. Построение и исследование экспериментально-статистических моделей.



Тема 7. Построение и исследование экспериментально-статистических моделей технических систем. Планирование эксперимента.

(2 ч. лекций + 2 ч. практических занятий)

Самостоятельная работа (3 часов)

Литература: [10-13, 19,18].

Тема 8. Классификация математических моделей. Современные программные средства моделирования бортовой РЭА.

Классификация математических моделей. Аналитические расчетные модели. Структурные расчетные модели физических процессов. Топологические модели физических процессов. Функции параметрической чувствительности. Формирование целевой функции и критериев оптимизации. Многокритериальная оптимизация. Программные средства моделирования разнородных физических процессов.

(2 ч. лекций + 2 ч. практических занятий)

Самостоятельная работа (3 часов)

Литература: [7 ,8 ,9 , 24 ,26].

Раздел 7. Планирование имитационных экспериментов с моделями. Принципы «черного ящика» и «серого ящика».

Тема 9. Планирование имитационных экспериментов с моделями. Экспериментально-статистическое моделирование. Аппроксимация экспериментальных данных алгебраическими моделями. Регрессионный анализ.

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

Самостоятельная работа (5 часов)

Литература: [14, 15 , 19, 16 , 17].



Тема 10. Полиномиальные модели. Моделирование на основе дифференциальных уравнений. Алгоритм синтеза модели. Примеры построения моделей. Принципы «черного ящика» и «серого ящика».

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

Самостоятельная работа (5 часов)

Литература: [2, 3, 7, 8, 21].

Раздел 8. Вероятностные методы в задачах оценки и обеспечения надежности бортовой РЭА.

Тема 11. Вероятностные методы в задачах оценки и обеспечения надежности бортовой радиоэлектронной аппаратуры.

Разработка моделей и методики для исследования надежности отказоустойчивой бортовой радиоэлектронной аппаратуры. Рассматривается наиболее сложный случай обеспечения отказоустойчивости за счет применения реконфигурации.

(4 ч. лекций + 6 ч. практических занятий)

Самостоятельная работа (10 часов)

Литература: [3, 7, 8, 20, 23].

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) Системные принципы построения расчетных моделей проектирования;
- 2) Модели физических процессов, протекающих в ПС;
- 3) Типовые методики исследования характеристик ПС на основе моделирования физических процессов
- 4) Основы математического обеспечения автоматизированного топологического проектирования ПС;
- 5) Математические модели для решения задач компоновки
- 6) Программные средства моделирования разнородных физических процессов в ПС
- 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) Математические модели для решения задач трассировки печатных проводников
- 11) Математические модели физических процессов и методики для проектирования ПС

9.2 Вопросы для оценки качества освоения дисциплины

Примерный перечень вопросов к зачету:

1. В чем заключается системный подход в автоматизированном проектировании (АП) ПС?
2. Что включает в себя информационная модель процесса АП ПС?
3. Какие проектные процедуры выполняются с применением САПР
4. Какие расчетные модели физических процессов в ПС применяются в процессе АП?
5. Какие компоненты (активные и пассивные) входят в состав топологических моделей, представляемых в виде ненаправленных графов? Привести примеры компонентов моделей.
6. В чем заключается сущность метода аналогий при исследовании физических процессов в ПС путем математического моделирования?
7. В чем заключается иерархическое математическое моделирование электрических характеристик ПС?
8. В чем заключается иерархическое математическое моделирование тепловых характеристик ПС?



9. В чем заключается иерархическое математическое моделирование механических характеристик ПС?
10. Каким образом можно построить процесс совместного моделирования электрических и тепловых характеристик ПС на основе двух автономных подсистем?
11. Классификация электрических моделей ЭРЭ.
12. Какие модификации может иметь модель Эберса – Молла полупроводникового диода?
13. Какие модификации может иметь модель Эберса – Молла биполярного транзистора?
14. Какие модификации может иметь модель транзистора Гуммеля -Пуна?
15. В чем заключается макро моделирование функциональных узлов ПС?
16. Представить схему классификации методов макро моделирования ПС.
17. В чем заключается метод упрощения полной модели при макро моделировании ПС?
18. В чем заключается принцип подобия, используемый при построении макро модели ПС?
19. В чем заключается метод редукции при построении макро модели ПС?
20. Изложить постановку задачи идентификации параметров моделей ЭРЭ.
21. Какие существуют методы формирования математических моделей (для матричного вида)?
22. Какие существуют методы анализа математических моделей, представленных в матричном виде?
23. Какую структуру имеет модель безотказности ЭРЭ по внезапным отказам?
24. Каким образом можно смоделировать отклонение выходных характеристик ПС от тепловых воздействий?
25. Какие модели монтажного пространства используются в задачах ТАП ПС?
26. Какие существуют методы оптимизации?
27. Какие градиентные методы оптимизации наиболее часто применяются в САПР ПС?
28. Какие методы упорядочения разреженных матриц применяются в САПР?
29. Каким образом строится алгоритм анализа безотказности ПС по постепенным отказам?
30. Каким образом строится алгоритм анализа безотказности ПС по внезапным отказам?

10 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

10.1 Основная литература

1. Кофанов Ю.Н. Теоретические основы конструирования, технологии и надежности радиоэлектронных средств: Учебник для вузов. — М.: Радио и связь, 1991, 360 с.
2. 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.
3. 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.



4. Ногин В.Д. Принятие решений в многокритериальной среде: количественный подход. М.: Физматлит, 2002. – 176 с.
5. Алексеев О.В., Головков А.А., Пивоваров И.Ю. Автоматизация проектирования радиоэлектронных средств. – М.: Высшая школа, 2000. - 479 с.
6. Моисеев Н.Н., Иванчиков Ю.П., Столярова Е.М. Методы оптимизации. –М.: Наука, 1978.
7. Сарафанов, А. В. Автоматизация проектирования РЭС / А. В. Сарафанов, С. И. Трегубов. – Красноярск : КГТУ, 1999. – 185 с.
8. Кофанов Ю.Н. Системная теория параметрической чувствительности. – М.: АНО «Академия надёжности», 2010. – 260 с.
9. Тарасенко Ф.П. Прикладной системный анализ: Учебное пособие. – М.: КНОРУС, 2010. - 224 с.
10. 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.
11. Древис, Ю.Г.. Моделирование систем: учебное пособие / Ю. Г. Древис .— Сургут : Издательство СурГУ, 2002 .— 70 с.
12. 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.
13. 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.
14. Карпов Ю.Г. Имитационное моделирование систем. Введение в моделирование с AnyLogic 5. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 400 с.

10.2 Дополнительная литература

15. Исследование тепловых характеристик РЭС методами математического моделирования: Монография. // Ю.Н. Кофанов, В.В.Гольдин, В.Г. Журавский и др. – М.: Радио и связь, 2003. - 456 с.
16. Шалумов А.С. Моделирование механических процессов в конструкциях РЭС на основе МКР и аналитических методов: Учебное пособие. Ковров: КГТА, 2000. - 233с.
17. Жаднов В.В., Сарафанов А.В. Управление качеством при проектировании теплонагруженных радиоэлектронных средств: Учебное пособие. - М.: Солон-Пресс, 2012. - 464 с.
18. Трушин С.И. Метод конечных элементов. Теория и задачи. - М.: Ассоциации строительных вузов, 2008. - 256 с.
19. Древис, Ю.Г. Введение в имитационное моделирование : [Учебное пособие] / Ю. Г. Древис, В. В. Золотарев .— М. : Московский инженерно-физический институт, 2002 .— 148 с.
20. 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.
21. 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.
22. 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.
23. Поршневу, С.В.. Компьютерное моделирование физических систем с использованием пакета MathCad: учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по спе-



- циальности 030100 "Информатика" / С. В. Поршнева.— М. : Горячая линия - Телеком, 2004 .— 319 с.
24. Боев В.Д. Моделирование систем. Инструментальные средства GPSS World: учебное пособие. - СПб.: БХВ-Петербург, 2004. – 368 с.
 25. Советов Б.Я., Яковлев С.А. Моделирование систем. Практикум: учебное пособие для вузов. - М.: Высшая школа, 2003. – 295 с.
 26. Томашевский В., Жданова Е. Имитационное моделирование в среде GPSS. – М.: Бестселлер, 2003. – 416 с.
 27. 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.