

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

Московский институт электроники и математики им. А.Н.Тихонова
Департамент электронной инженерии

Программа дисциплины
Компьютерное моделирование электрофизических воздействий
на бортовую электронику

для образовательной программы «Компьютерные системы и сети»
направления подготовки 09.04.01 «Информатика и вычислительная техника»
уровень - магистр

Разработчик программы:

Саенко В.С., д.т.н., профессор, vsaenko@hse.ru

Одобрена на заседании департамента электронной инженерии 22 июня 2017 г

Руководитель департамента Б.Г. Львов _____

Рекомендована Академическим советом образовательной программы

«__» _____ 2017 г., № протокола _____

Утверждена «__» _____ 2017 г.

Академический руководитель образовательной программы

А.В. Вишнеков _____

Москва, 2017

Настоящая программа не может быть использована другими подразделениями университета и другими вузами без разрешения подразделения-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 09.04.01 – «Информатика и вычислительная техника» подготовки магистра, изучающих дисциплину «Компьютерное моделирование электрофизических воздействий на бортовую электронику».

Программа разработана в соответствии с:

- федеральным государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования по направлению подготовки 09.04.01 «Информатика и вычислительная техника», квалификация «магистр»;
- образовательной программой по направлению подготовки 09.04.01 «Информатика и вычислительная техника» подготовки магистра;
- рабочим учебным планом университета по направлению подготовки 09.04.01, магистерской программы "Компьютерные системы и сети", утвержденным в 2015г.

2 Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины «Компьютерное моделирование электрофизических воздействий на бортовую электронику» являются изучение и освоение студентами методов компьютерного моделирования электрофизических процессов в бортовой электронике как одного из этапов в информационной поддержке жизненного цикла изделий для решения практических задач, возникающих в повседневной деятельности инженера.

3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

В результате освоения дисциплины студент должен:

Знать

- алгоритмы основных методов компьютерного моделирования электрофизических воздействий на бортовую электронику;
- современные программные средства, необходимые для компьютерного моделирования электрофизических воздействий на бортовую электронику.

Уметь

- разрабатывать алгоритмы и формальные процедуры решения основных задач компьютерного моделирования электрофизических воздействий на бортовую электронику (БЭ);
- работать с современными программными средствами, необходимыми для компьютерного моделирования электрофизических воздействий на БЭ.

Иметь навыки (приобрести опыт)

- разработки алгоритмов и применения методов компьютерного моделирования электрофизических воздействий на БЭ.

В результате освоения дисциплины студент осваивает следующие компетенции:

| Компетенция | Код по ФГОС/ НИУ | Дескрипторы – основные признаки освоения (показатели достижения результата) | Формы и методы обучения, способствующие формированию и развитию компетенции |
|---|------------------|--|---|
| владеет культурой мышления, способен к обобщению, анализу, восприятию информации, постанов- | ОК-1 | регулярно выполняет самостоятельную постановку задач и разработку алгоритмов | Выполнение тестовых работ |



| Компетенция | Код по ФГОС/ НИУ | Дескрипторы – основные признаки освоения (показатели достижения результата) | Формы и методы обучения, способствующие формированию и развитию компетенции |
|---|------------------|--|--|
| ке цели и выбору путей её достижения | | | |
| умеет логически верно, аргументировано и ясно строить устную и письменную речь | ОК-2 | дает определения используемых понятий | ответы у доски и проверка усвоения материала на лекциях и практических занятиях |
| стремится к саморазвитию, повышению своей квалификации и мастерства | ОК-6 | применяет изученные стандартные алгоритмы и может самостоятельно разрабатывать алгоритмы решения задач | обсуждение с преподавателем условий поставленных задач, составление и усовершенствование разработанных алгоритмов |
| использует основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применяет методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования | ОК-10 | использует знания, полученные в процессе изучения дисциплин естественно - математического цикла при решении задач по компьютерному моделированию электрофизических воздействий на БЭ, обосновывает выбор алгоритма решения поставленной задачи | математическое описание методов решения поставленных задач и связи исходных данных и результатов |
| осознает сущность и значение информации в развитии современного общества; владеет основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации | ОК-11 | использует информационно-поисковые системы для поиска дополнительной информации | ответы у доски с использованием проекционного оборудования |
| имеет навыки работы с компьютером как средством управления информацией | ОК-12 | Постоянно работает с компьютером | Выполнение на компьютере тестовых заданий и практических работ |
| осваивать методики использования программных средств для решения практических задач | ПК-2 | Постоянно работает с компьютером | Выполнение на компьютере тестовых заданий и практических работ |
| разрабатывать компоненты программных комплексов, использовать современные инструментальные средства | ПК-5 | использует современные версии изучаемых языков программирования | Выполнение на компьютере тестовых и практических работ |
| обосновывать принимаемые проектные решения, осуществлять постановку и выполнять эксперименты по проверке их корректности и эффективности | ПК-6 | имеет навык разработки компьютерных моделей электрофизических воздействий на бортовую электронику | постоянная самостоятельная работа по разработке алгоритмов и моделей, выполнение тестирования созданных моделей, самостоятельное исправление ошибок на основе результатов тестирования моделей |
| ставить и решать с использованием современных математических моделей и методов | РО-2 | имеет навык разработки компьютерных моделей электрофизических воздействий на бортовую электронику | Выполнение на компьютере тестовых заданий и практических работ. |



| Компетенция | Код по ФГОС/НИУ | Дескрипторы – основные признаки освоения (показатели достижения результата) | Формы и методы обучения, способствующие формированию и развитию компетенции |
|--|-----------------|---|---|
| задачи инженерного анализа, связанные с исследованием, разработкой и эксплуатацией средств вычислительной техники, автоматизированных систем и компьютерных сетей. | | нику, использует современные версии изучаемых языков программирования | |

4 Место дисциплины в структуре образовательной программы

Настоящая дисциплина относится к циклу профессиональных дисциплин и блоку дисциплин, обеспечивающих подготовку по специализации “Системы моделирования в технике”.

Для специализации “Системы моделирования в технике” настоящая дисциплина является дисциплиной по выбору.

Изучение данной дисциплины базируется на знании студентами высшей математики, физики, программирования, информатики и основ алгоритмизации в пределах программы бакалавриата.

Для освоения учебной дисциплины, студенты должны владеть следующими знаниями и компетенциями: высшей математики, физики, программирования, информатики и основ алгоритмизации в пределах программы бакалавриата.

Данный курс базируется на знаниях, полученных в бакалавриате и в процессе изучения дисциплин магистратуры: “Основы компьютерного моделирования технических систем”, “Методы оптимизации”, “Вычислительные системы”, “Моделирование физических процессов в технических системах”.

5 Тематический план учебной дисциплины

| № | Название раздела | Всего часов | Аудиторные часы | | | Самостоятельная работа |
|----|---|-------------|-----------------|----------|----------------------|------------------------|
| | | | Лекции | Семинары | Практические занятия | |
| 1 | Электрофизические воздействия на бортовую электронику (БЭ). | 10 | 2 | | | 8 |
| 2 | Параметры электрофизических воздействий и вызываемые ими физические процессы в БЭ. | 12 | 4 | | | 8 |
| 3 | Физико-математические модели в задачах компьютерного моделирования электрофизических воздействий на БЭ. | 33 | 8 | | 8 | 17 |
| 4. | Методы анализа негативных результатов электрофизических воздействий на БЭ. | 20 | 4 | | 6 | 10 |
| 5. | Методы защиты БЭ от электрофизических воздействий | 16 | 4 | | 2 | 10 |
| 6. | Компьютерное моделирование средств защиты БЭ от электрофизических воздействий. | 19 | 2 | | 4 | 13 |
| 7. | Тестовые задания | 54 | | | 4 | 50 |
| 8. | Экзамен | | | | | |
| | Итого | 164 | 24 | | 24 | 116 |



6 Формы контроля знаний студентов

| Тип контроля | Форма контроля | 1 год | | Департамент | Параметры контроля |
|--------------|--------------------------------|------------------|-------------------|-------------|---|
| | | 1м | 2м | | |
| Текущий | Опрос на практических занятиях | * | * | ДЭИ | Сдача и защита отчетов по практическим работам (лабораторным работам) - еженедельно |
| | Тестовые задания | * 4-я нед. | * 8-ая нед. | ДЭИ | Письменная работа 60 минут |
| | | | | | |
| Итоговый | Экзамен | * | * | ДЭИ | Устный |

7 Критерии оценки знаний, навыков

Опросы и тестовые задания оцениваются исходя из полноты и правильности ответов на вопросы. Оценки по всем формам текущего контроля выставляются по 10-ти балльной шкале.

Критерии оценки тестового задания

Необходимо умение обсудить предложенные теории, концепции и модели, творческий подход к решению задачи.

| Оценка | Критерии |
|--------------------------------|--|
| «Отлично»: 10 | Данная оценка может быть выставлена только при условии соответствия работы всем предъявляемым требованиям и высшей оценки по всем критериям. |
| «Отлично»: 9, 8 | Данные оценки могут быть выставлены только при условии соответствия работы всем предъявляемым требованиям и высокой оценке по всем критериям. |
| «Хорошо»: 7, 6 | «7» – данная оценка может быть выставлена только при условии полного соответствия работы 3 предъявляемым критериям из 4 и 1 критерий (кроме творческого) может быть выполнен частично. «6» – данная оценка может быть выставлена только при условии полного соответствия работы 3 предъявляемым критериям из 4. |
| «Удовлетворительно»: 5, 4 | «5» – данная оценка может быть выставлена только при условии полного соответствия работы 2 предъявляемым критериям из 4 и 2 критерия (кроме творческого) могут быть выполнены частично. «4» – данная оценка может быть выставлена только при условии полного соответствия работы 2 предъявляемым критериям из 4 и 2 критерия (кроме творческого) могут быть выполнены частично. |
| «Неудовлетворительно»: 3, 2, 1 | Работа не соответствует большинству предъявляемых критериев |
| «Работа не принимается»: 0 | Работа является плагиатом. Авторский вклад менее 80 % (см. Регламент использования системы «Антиплагиат» для сбора и проверки письменных учебных работ в Государственном университете – Высшей школе экономики (утвержден ученым советом Государственного университета – Высшей школы экономики (протокол от 20.03.2009 г. № 56)). |



Критерии оценки ответа на экзамене

Необходимо наличие зачета по практическим занятиям (защита лабораторных работ), наличие сданного вовремя тестового задания, знание материала (суть, основные теории, подходы, методы, критика), умение выделить существенное, умение логически и аргументировано излагать материал)

| Оценка | Критерии |
|--------------------------------|---|
| «Отлично»: 10 | Данная оценка может быть выставлена только при условии соответствия ответа всем предъявляемым требованиям и высшей оценки по всем критериям. |
| «Отлично»: 9, 8 | Данные оценки могут быть выставлены только при условии соответствия ответа всем предъявляемым требованиям и высокой оценке по всем критериям. |
| «Хорошо»: 7, 6 | «7» – данная оценка может быть выставлена только при условии полного соответствия ответа 4 из 5 предъявляемым критериям и 1 (кроме зачета и домашней работы) критерий может быть выполнен частично. «6» – данная оценка может быть выставлена только при условии полного соответствия ответа 3 (кроме зачета и домашней работы) предъявляемым критериям. |
| «Удовлетворительно»: 5, 4 | «5» – данная оценка может быть выставлена только при условии полного соответствия зачетной работы 2 (кроме зачета и домашней работы) предъявляемым критериям и 2 критерия могут быть выполнены частично. «4» – данная оценка может быть выставлена только при условии полного соответствия зачетной работы 2 предъявляемым критериям. |
| «Неудовлетворительно»: 3, 2, 1 | Ответ не соответствует большинству предъявляемых критериев |
| «Ответ не принимается»: 0 | Экзамен не сдан. |

8 Содержание дисциплины

Перечень разделов приведен в таблице. Количество часов указано там же. Содержание дисциплины приведено в порядке изложения. Номера разделов указаны в скобках после темы занятия.

Формы и методы проведения лекционных занятий предусматривают изложение материала с использованием презентаций.

При защите тестовых заданий предусмотрено оформление и защита краткого отчета. Форма отчета приведена в методических рекомендациях по выполнению лабораторных работ. Преподаватель обсуждает со студентом полученные результаты и проверяет правильность оформления отчета.

Раздел 1. Электрофизические воздействия на бортовую электронику (БЭ).

Содержание тем

Лекции

1. Параметры плазмы в магнитосфере Земли. Взаимодействие околоземной плазмы с материалами элементов внешней поверхности космических аппаратов (КА). Дифференциальное заряджение элементов КА. Компьютерное моделирование заряджения поверхности КА, расчет и визуализация потенциального рельефа поверхности КА. (2 часа)

Раздел 2. Параметры электрофизических воздействий и вызываемые ими физические процессы в БЭ.

Содержание тем

Лекции

1. Параметры солнечного света и потоков заряженных частиц магнитосферы Земли. Фотоэмиссия, вторичная электронная эмиссия. Накопление объемных зарядов диэлектриками внешней



поверхности КА. Компьютерное моделирование объемного заряжения диэлектриков КА. Расчет величин электрических полей объемных зарядов (4 часа)

Раздел 3. Физико-математические модели в задачах компьютерного моделирования электрофизических воздействий на БЭ.

Содержание тем

Лекции

1. Взаимодействие ионизирующих излучений с веществом. Прямо ионизирующие излучения (электроны, протоны, альфа-частицы). Косвенно ионизирующие излучения (ИИ) (рентгеновское и гамма излучение, вакуумный ультрафиолет). Энергия ИИ, поглощенная доза ИИ, мощность поглощенной дозы ИИ. Физико-математические модели компьютерного моделирования взаимодействий ИИ с веществом. (2 часа)
2. Темновая и радиационная электропроводность диэлектриков. Радиационное газовыделение низкомолекулярных продуктов при облучении диэлектриков в вакууме. Связь с темновой электропроводностью. Физико-математическая модель радиационной электропроводности диэлектриков. Компьютерное моделирование радиационной электропроводности диэлектриков. (2 часа)
3. Подвижность носителей заряда в диэлектриках как основной элемент компьютерного моделирования их радиационной электропроводности. Подвижность носителей заряда в чистых полимерах. Подвижность носителей заряда в молекулярно допированных полимерах. Компьютерное моделирование подвижности носителей заряда в полимерах. (2 часа)
4. Физико-математические модели в задачах компьютерного моделирования электрофизических воздействий на БЭ. Возникновение электростатических разрядов (ЭСР) в результате дифференциального заряжения элементов космических аппаратов. Параметры ЭСР, их энергия, длительность фронтов, частота повторения. (2 часа)

Раздел 4. Методы анализа негативных результатов электрофизических воздействий на БЭ.

Содержание тем

Лекции

1. Анализ полетных аномалий БЭ. Анализ состояния магнитосферы Земли во время полетной аномалии. Компьютерное моделирование заряжения поверхности КА, расчет и визуализация потенциального рельефа поверхности КА во время полетной аномалии. Определение мест возможных ЭСР. Структурное электрофизическое компьютерное моделирование. Расчет на его основе картины растекания токов от ЭСР по конструкции КА. (2 часа)
2. Структурное электрофизическое компьютерное моделирование. Расчет на его основе картины растекания токов от ЭСР по конструкции КА. Метод определения коэффициента трансформации тока протекающего по элементам поверхности в напряжение наводки во фрагментах бортовой кабельной сети. Расчет наводок во фрагментах БКС. ПО "Satellite-МИЕМ". (2 часа)

Раздел 5. Методы защиты БЭ от электрофизических воздействий.

Лекции

1. Компьютерное моделирование защиты БЭ от ЭСР. Выбор TVS защитных диодов и схем защиты для ограничения импульсных напряжений от ЭСР на входах БЭ. Компьютерное моделирование в LT-spice защиты БЭ от ЭСР. (2 часа)



2. Внутренняя электризация КА. Концепция нанопроводимости диэлектриков БЭ космических аппаратов. Компьютерное моделирование защиты БЭ от электрофизических воздействий на основе концепции нанопроводимости диэлектриков БЭ КА. (2 часа)

Раздел 6. Компьютерное моделирование средств защиты БЭ от электрофизических воздействий.

Содержание тем

Лекции

1. Программное приложение "Satellite-МЕМ" для моделирования и расчета наводок в бортовой кабельной сети КА. Методология проектирования БЭ стойкой к воздействию импульсных помех от ЭСР. (2 часа)

Лабораторный практикум (12 практических занятий по 2 часа)

- Компьютерное моделирование распределения поглощенной дозы электронного излучения по глубине полимерного образца. (0.5 балла)
- Компьютерное моделирование радиационной электропроводности полимера. (0.5 балла)
- Компьютерное моделирование объемного заряжения полимера. (1 балл)
- Компьютерное моделирование и расчет электрического поля в пленке полимера с заземленными электродами. (0.5 балла)
- Компьютерное моделирование переходного тока во времяпролетном эксперименте для определения подвижности носителей заряда. (1 балл)
- Компьютерное моделирование работы устройства БЭ в LT-spice. (1 балл)
- Компьютерное моделирование защиты устройства БЭ от ЭСР в LT-spice. (0.5 балла)
- Компьютерное моделирование растекания тока от ЭСР по плоской пластине. (1 балл)
- Компьютерное моделирование растекания тока от ЭСР по сфере. (1 балл)
- Компьютерное моделирование растекания тока от ЭСР по плоской пластине и расчет напряжения наводки во фрагменте БКС, проложенном по этой пластине. (1 балл)
- Компьютерное моделирование растекания тока от ЭСР по сфере и расчет напряжения наводки во фрагменте БКС, проложенном по этой пластине. (1 балл)
- Компьютерное моделирование растекания тока от ЭСР по КА Спектр Р и расчет напряжения наводки во фрагменте БКС, проложенном по этому КА. (1 балл)

Самостоятельная работа

Изучение лекционного материала. Изучение учебно-методических материалов по дисциплине. Подготовка к лабораторным работам и практическим занятиям. Подготовка к экзамену.

9 Образовательные технологии

Используются следующие образовательные технологии: разбор практических задач, компьютерное моделирование, сравнение с результатами, полученными аналитическим путем и при моделировании на ЭВМ.

10 Оценочные средства для текущего контроля и аттестации студента

9.1. Задания текущего контроля не приводятся

9.2. Вопросы для оценки качества освоения дисциплины

Примерный перечень вопросов для оценки качества освоения дисциплины.



1. Понятие расчетной модели; унификация расчетных моделей как предпосылка системного подхода в моделировании.
2. Сформулируйте принципы построения физических и математических моделей электрофизических воздействий на БЭ.
3. Какова роль инженера в компьютерном моделировании электрофизических воздействий на БЭ?
4. В чем сходство и в чем различие структурной электрофизической модели и физико-математической модели?
5. Основные аспекты концепции нанопроводимости диэлектриков КА.
6. Внутренняя электризация БЭ КА. Компьютерное моделирование защиты.

9.3 Примеры тестовых заданий

Примеры билетов с вопросами и задачами, заданий для экзамена по дисциплине не приводятся.

11 Порядок формирования оценок по дисциплине

Преподаватель оценивает работу студента на практических занятиях, уровень посещаемости лекционных и практических занятий, ответ студента на итоговом зачёте.

Критерии оценки работы на практических занятиях: знание материала, умение сообщать материал, умение дополнять ответы, умение задавать существенные вопросы и формулировать проблему, умение готовить и презентовать доклады, посещаемость. Оценки за работу на практических занятиях преподаватель выставляет в рабочую ведомость. Накопленная оценка по 10-ти балльной шкале за работу на практических занятиях определяется перед промежуточным или итоговым контролем.

Оценки за отдельные виды работ студента преподаватель выставляет в рабочую ведомость.

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

$$O_{\text{текущий}} = 0,5 \cdot O_{\text{тест.}} + 0,5 \cdot O_{\text{практич.р.}}$$

Способ округления накопленной оценки текущего контроля – арифметический.

Результирующая оценка за итоговый контроль в форме экзамена выставляется по следующей формуле, где $O_{\text{экз}}$ – оценка за работу непосредственно на экзамене:

$$O_{\text{итог.}} = 0,6 \cdot O_{\text{экз}} + 0,4 \cdot O_{\text{текущ.}}$$

Способ округления накопленной оценки итогового контроля в форме экзамена - арифметический.

На передаче студенту предоставляется возможность получить дополнительный балл для компенсации оценки за текущий контроль, если существуют уважительные причины пропуска соответствующий занятий (больничный, больничный на ребенка, форс-мажорные обстоятельства), студент демонстрирует, что отлично (хорошо) владеет материалом, умеет рефлексивно работать, логически мыслить, обсуждать проблемы.

На экзамене студент может получить дополнительный вопрос (дополнительную практическую задачу, решить к передаче домашнее задание), ответ на который оценивается в 1 балл. Таким образом, результирующая оценка за итоговый контроль, получаемая на передаче, выставляется по формуле

$$O_{\text{итог.}} = 0,6 \cdot O_{\text{экз}} + 0,4 \cdot O_{\text{текущий}} + 0,1 \cdot O_{\text{доп.вопрос}}$$

В диплом выставляется оценка, полученная на экзамене во втором модуле.



11. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

11.1. Базовый учебник

Самарский А.А., Михайлов А.П. Математическое моделирование: М., Физматлит, 2005

11.2. Основная литература

- Тютнев А.П., Саенко В.С., Пожидаев Е.Д., Костюков Н.С. Диэлектрические свойства полимеров в полях ионизирующих излучений. М.: Наука, 2005. с. 453.
- Тютнев А.П., Саенко В.С. Исследование радиационной проводимости диэлектриков. В кн.: Модель космоса. Т.2. М.: Изд-во МГУ. 2007. С 377-394.
- Кофанов Ю.Н., Сотникова С.Ю. Информационные технологии теплового и механического моделирования радиоэлектронных средств: учебное пособие. – М.: НИУ ВШЭ, 2014. - 87 с.

11.3. Дополнительная литература

- Новиков Л.С., Бабкин Г.В., Морозов Е.П., Колосов С.А., Крупников К.К., Милеев В.Н., Саенко В.С. Комплексная методология определения электростатической зарядки, электрических полей и пробоев на космических аппаратах в условиях их радиационной электризации: Руководство для конструкторов. М.: ЦНИИМАШ, 1995. 159 с.
- Тютнев А.П., Ванников А.В., Мингалеев Г.С., Саенко В.С. Электрические явления при облучении полимеров. М.: Энергоатомиздат, 1985

12. Материально-техническое обеспечение дисциплины

При проведении лекций используются аудитории, оборудованные проектором для отображения презентаций. Практические занятия проводятся в компьютерных классах. Необходимым программным обеспечением для проведения практических занятий являются системы LT-spice, Satellite-МІЕМ, MathCad.



Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики» Программа дисциплины
«Компьютерное моделирование электрофизических воздействий на бортовую электронику»
для направления 09.04.01 «Информатика и вычислительная техника» подготовки магистра