**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

Учебно-методическое объединение по образованию

в области информатики и радиоэлектроники

**УТВЕРЖДАЮ**

Первый заместитель Министра образования

Республики Беларусь

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ А.Г. Баханович

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Регистрационный № ТД -\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_/тип.

**ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИНЖЕНЕРНОГО**

**МОДЕЛИРОВАНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ**

**Типовая учебная программа по учебной дисциплине**

**для специальности**

**1-39 02 01 Моделирование и компьютерное проектирование радиоэлектронных средств**

|  |  |
| --- | --- |
| **СОГЛАСОВАНО**Председатель Учебно-методического объединения по образованию в области информатики и радиоэлектроники\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_В.А. Богуш\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ | **СОГЛАСОВАНО** Начальник Главного управления профессионального образования Министерства образования Республики Беларусь\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_С.Н.Пищов\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ |
|  | **СОГЛАСОВАНО**Проректор по научно-методической работе Государственного учреждения образования «Республиканский институт высшей школы»\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_И.В. Титович\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ |
|  | Эксперт-нормоконтролер\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ |

Минск 2023

**Составители:**

В.Ф.Алексеев, доцент кафедры проектирования информационно-компьютерных систем учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», кандидат технических наук, доцент;

А.П.Горбач, старший преподаватель кафедры проектирования информационно-компьютерных систем учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», магистр технических наук;

В.Е.Матюшков, начальник центра научно-технических программ и научной работы открытого акционерного общества «Планар», доктор технических наук, профессор;

Г.А.Пискун, доцент кафедры проектирования информационно-компьютерных систем учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», кандидат технических наук, доцент

Рецензенты:

Кафедра «Программное обеспечение информационных систем и технологий» Белорусского национального технического университета (протокол № 5
от 06.12.2023);

С.В.Шпаковский, начальник отделения Т Филиала научно-технического центра «Белмикросистемы» открытого акционерного общества «Интеграл» – Управляющая компания холдинга «Интеграл», кандидат физико-математических наук

**РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ В КАЧЕСТВЕ ТИПОВОЙ:**

Кафедрой проектирования информационно-компьютерных систем учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники» (протокол № 14 от 27.02.2023);

Научно-методическим советом учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»
(протокол № \_\_\_ от \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_);

Научно-методическим советом по электронным системам и технологиям Учебно-методического объединения по образованию в области информатики и радиоэлектроники (протокол № 8 от 17.04.2023).

Ответственный за редакцию: С.С. Шишпаронок

# **Пояснительная записка**

ХАРАКТЕРИСТИКА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Типовая учебная программа по учебной дисциплине «Программное обеспечение инженерного моделирования физических процессов» разработана для студентов учреждений высшего образования, обучающихся по специальности 1-39 02 01 Моделирование и компьютерное проектирование радиоэлектронных средств в соответствии с требованиями образовательного стандарта общего высшего образования и типового учебного плана вышеуказанной специальности.

Изучение учебной дисциплины «Программное обеспечение инженерного моделирования физических процессов» студентами специальности 1-39 02 01 Моделирование и компьютерное проектирование радиоэлектронных средств позволит им получить базовые знания в области программного моделирования физических процессов, протекающих в конструкциях электронных средств. Учебная дисциплина предусматривает изучение средств компьютерного инженерного моделирования, основанных на использовании численных методов решения уравнений, описывающих различные физические процессы, которые необходимо учитывать при проектировании электронных средств.

В рамках образовательного процесса по учебной дисциплине «Программное обеспечение инженерного моделирования физических процессов» студент должен приобрести не только теоретические и практические знания, умения и навыки по специальности, но и развить свой ценностно-личностный, духовный потенциал, сформировать качества патриота и гражданина, готового к активному участию в экономической, производственной, социально-культурной и общественной жизни страны.

ЦЕЛЬ, ЗАДАЧИ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель учебной дисциплины: приобретение знаний, навыков и умений для работы с современными средствами компьютерного инженерного моделирования, основанными на использовании численных методов решения уравнений, описывающих тепловые, механические и электромагнитные процессы.

Задачи учебной дисциплины:

освоение умений и навыков моделирования физических процессов, протекающих в конструкциях электронных систем, с использованием высокопроизводительного программного обеспечения;

приобретение навыков проведения анализа и оценки адекватности полученных результатов моделирования;

изучение методов и процесса оценки процесса инженерного проектирования конструкций электронных систем с учетом воздействия различных дестабилизирующих факторов.

Базовыми учебными дисциплинами по курсу «Программное обеспечение инженерного моделирования физических процессов» являются «Математический анализ», «Теория вероятностей и математическая статистика», «Физика» и «Физические основы проектирования радиоэлектронных средств». В свою очередь учебная дисциплина «Программное обеспечение инженерного моделирования физических процессов» является базой для таких учебных дисциплин как «Проектирование электронных средств» (компонент учреждения высшего образования), «Программное обеспечение инженерных расчетов» (компонента учреждения высшего образования), «Имитационное моделирование электронных систем».

ТРЕБОВАНИЯ К УРОВНЮ ОСВОЕНИЯ

СОДЕРЖАНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

В результате изучения учебной дисциплины «Программное обеспечение инженерного моделирования физических процессов» формируются следующие компетенции:

*универсальные:*

владеть основами исследовательской деятельности, осуществлять поиск, анализ и синтез информации;

обладать навыками саморазвития и совершенствования в профессиональной деятельности;

проявлять инициативу и адаптироваться к изменениям в профессиональной деятельности;

*базовая профессиональная:* моделировать с помощью программных средств физические процессы, протекающие в радиоэлектронных средствах, анализировать количественные и качественные характеристики проектируемого устройства.

В результате изучения учебной дисциплины обучающийся должен:

*знать:*

пакеты прикладных программ для инженерного моделирования механических, тепловых и электромагнитных задач, протекающих в конструкциях электронных средств;

*уметь:*

выполнять моделирование механических, тепловых и электромагнитных процессов, протекающих в конструкциях электронных средств;

*владеть:*

навыками моделирования в пакетах прикладных программных средств.

Типовая учебная программа рассчитана на 324 учебных часа, из них – 128 аудиторных. Примерное распределение аудиторных часов по видам занятий: лекции – 64 часа, лабораторные занятия – 64 часа.

**ПРИМЕРНЫЙ ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН**

| Наименование раздела, темы | Всего аудиторных часов | Лекции | Лабораторные занятия |
| --- | --- | --- | --- |
| Введение | 2 | 2 | – |
| **Раздел 1. Элементы теории компьютерного моделирования** | **4** | **4** | **–** |
| Тема 1. Понятие модели и моделирования  | 2 | 2 | – |
| Тема 2. Этапы и цели компьютерного моделирования | 2 | 2 | – |
| **Раздел 2. Программное обеспечение инженерного моделирования**  | **12** | **4** | **8** |
| Тема 3. Общая классификация программного обеспечениядля инженерного моделирования физических процессов | 6 | 2 | 4 |
| Тема 4. Программное обеспечение для решения инженерных задач моделирования и проектирования электронных средств | 6 | 2 | 4 |
| **Раздел 3. Моделирование тепловых процессов** | **34** | **18** | **16** |
| Тема 5. Моделирование тепловых процессов в SOLIDWORKS Simulation | 10 | 6 | 4 |
| Тема 6. Моделирование тепловых процессов в Ansys | 10 | 6 | 4 |
| Тема 7. Моделирование тепловых процессов в COMSOL Multiphysics | 14 | 6 | 8 |
| **Раздел 4. Моделирование механических процессов** | **30** | **18** | **12** |
| Тема 8. Моделирование механических процессов в SolidWorks Simulation | 10 | 6 | 4 |
| Тема 9. Моделирование механических процессов в Ansys | 10 | 6 | 4 |
| Тема 10. Моделирование механических процессов в COMSOL Multiphysics | 10 | 6 | 4 |
| **Раздел 5. Моделирование электромагнитных процессов** | **26** | **10** | **16** |
| Тема 11. Моделирование электромагнитных процессов в Ansys | 14 | 6 | 8 |
| Тема 12. Моделирование электромагнитных процессов в COMSOL Multiphysics | 12 | 4 | 8 |
| **Раздел 6. Оценка и анализ результатов моделирования** | **20** | **8** | **12** |
| Тема 13. Численные методы решения инженерных задач | 12 | 4 | 8 |
| Тема 14. Анализ и представление результатов моделирования | 8 | 4 | 4 |
| **Итого:** | **128** | **64** | **64** |

**СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА**

ВВЕДЕНИЕ

Цели, задачи и содержание учебной дисциплины. Основные принципы инженерного моделирования физических процессов. Области применения компьютерного моделирования. Рекомендуемые литература и учебно-методические пособия.

Раздел 1. Элементы теории компьютерного моделирования

Тема 1. Понятие модели и моделирования

Термин «модель» в различных терминологических системах. Общее определение модели. Требования, предъявляемые к моделям. Общие требования к свойствам модели.

Классификация моделей: по степени абстрагирования от оригинала (материальные или физические, идеальные); по области использования модели (учебные, опытные, имитационные, исследовательские); по способу представления модели (натурные, информационные или компьютерные, математические, логические, специальные, геометрические, графы); по характеру отображаемых свойств объекта моделирования (структурные, функциональные); с учетом фактора времени (статические и динамические модели); по характеру изменения модели во времени (непрерывные, дискретные); по признаку причинной обусловленности (детерминированные, стохастические или вероятностные); характеру моделируемой стороны объекта и процессам, протекающим в объекте.

Виды моделей: математические модели (количественные); физические модели (разновидности: натурные, квазинатурные, масштабные, аналоговые); физико-математические модели; феноменологические модели; имитационные модели; оптимизационные и другие модели. Понятие компьютерной модели. Понятие численно-математического моделирования.

Моделирование. Методы и проблемы моделирования. Виды моделирования. Научное моделирование. Компьютерное моделирование как область научных, исследовательских и конструкторских разработок. Моделирование как метод научного познания. Связь компьютерного моделирования с другими методами познания.

Тема 2. Этапы и цели компьютерного моделирования

Принципы компьютерного моделирования: адекватности, простоты и экономичности, информационной достаточности, осуществимости, множественности и единства моделей, системности, параметризации. Процесс решения задачи средствами моделирования.

Основные этапы компьютерного моделирования: постановка задачи, определение объекта моделирования; формализация и алгоритмизация компьютерных моделей; разработка концептуальной модели, выявление основных элементов системы и элементарных актов взаимодействия; формализация, то есть переход к математической модели; создание алгоритма и написание программы; планирование и проведение компьютерных экспериментов; анализ и интерпретация результатов.

Раздел 2. Программное обеспечение инженерного моделирования

Тема 3. Общая классификация программного обеспечения

для инженерного моделирования физических процессов

Классы программного обеспечения. Структура и назначение программного обеспечения. Классификационные признаки. Классификация компьютерного программного обеспечения по способу исполнения, степени переносимости, способу распространения и использования, назначению и видам.

Многомасштабное моделирование материалов и процессов: виды многомасштабного моделирования; интеграция многомасштабного моделирования и методов анализа больших данных; проблемы, перспективы, возможности; информационная поддержка интеграционной платформы многомасштабного моделирования. Концепция многомасштабного моделирования. Применение метода многомасштабного моделирования в исследовании радиоэлектронных средств.

Тема 4. Программное обеспечение для решения инженерных задач моделирования и проектирования электронных СРЕДСТВ

Возможности программных пакетов для решения инженерных задач. Обзор основных программных пакетов для решения инженерных задач моделирования и проектирования электронных средств, в том числе физических процессов, воздействующих на электронные средства.

Раздел 3. Моделирование тепловых процессов

##### Тема 5. Моделирование тепловых процессов

##### В SOLIDWORKS SIMULATION

Термический анализ конструкций электронных средств. Определение термических нагрузок и граничных условий. Исследование переходного термического процесса. Анализ термических напряжений. Моделирование теплообмена в герметичном и перфорированном корпусе электронного средства при естественном и принудительном воздушном охлаждении.

##### Тема 6. Моделирование тепловых процессов В ANSYS

Оценка теплового режима микросхем, печатных плат и электронных блоков. Определения необходимости принудительного охлаждения электронных устройств. Оценка различных вариантов расположения радиаторов и вентиляторов.

##### Тема 7. Моделирование тепловых процессов

##### В COMSOL Multiphysics

# Основы теплового анализа в COMSOL Multiphysics. Осуществление тепловых расчетов. Моделирование распределения температуры и плотности теплового потока в электронных устройствах. Анализ температурного напряжения. Анализ эффективности охлаждения электронных устройств.

Раздел 4. Моделирование МЕХАНИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

##### Тема 8. Моделирование МЕХАНИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВВ SOLIDWORKS SIMULATION

Расчет собственных частот и форм колебаний конструкций в среде SolidWorks Simulation.Испытания на ударную нагрузку. Анализ случайных колебаний. Усталостные испытания. Статический анализ деталей. Оценка прочности конструкции.

##### Тема 9. Моделирование МЕХАНИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ANSYS

Ansys для решения задач механики деформируемого твердого тела от быстрой оценки напряженно-деформированного состояния конструкции до сложных многодисциплинарных расчетов, интегрированных в Ansys Workbench.

Моделирование собственных частот и форм колебаний конструкций. Моделирование статистических испытаний при постоянном и снижающемся напряжении. Предварительный анализ и моделирование периодических (гармонических и негармонических) и импульсных (ударных многократных и одиночных) нагрузок на материалы и оборудование. Моделирование динамических линейных ускорений и акустических шумов.

##### Тема 10. Моделирование МЕХАНИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

##### В COMSOL Multiphysics

##### Моделирование механических воздействий на конструкции электронных устройств в среде COMSOL Multiphysics. Расчет собственных частот и форм колебаний конструкций. Моделирование ударного взаимодействия. Анализ устойчивости механических конструкций. Анализ случайных вибраций.

Раздел 5. Моделирование электромагнитных процессов

##### Тема 11. Моделирование электромагнитных ПРОЦЕССОВ В ANSYS

Инструменты Ansys для решения высокочастотных и низкочастотных задач, анализа целостности сигналов и питания, электромагнитной совместимости и помех, а также системного моделирования электроники и электротехники.

2D- и 3D-моделирование магнитных переходных процессов, магнитостатики, электростатики и электромагнитных явлений переменного и постоянного тока. Моделирование электромагнитных связей и помех в модулях электронных средств. Моделирование электромагнитной совместимости устройств и блоков электронных средств.

3D-анализ с помощью Ansys SIwave для сложных многослойных конструкций с точки зрения целостности питания, сигналов и электромагнитной совместимости. Анализ полей в ближней и дальней зонах с использованием гибридного 2.5D метода расчета.

##### Тема 12. МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПРОЦЕССОВ

##### В COMSOL MULTIPHYSICS

Исследование электромагнитного шума, электромагнитной совместимости, наводок и экранирования. Анализ и создание модели экранирования.

Раздел 6. ОЦЕНКА И АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ МОДЕЛИРОВАНИЯ

Тема 13. Численные методы решения инженерных задач

Метод конечных разностей. Метод граничных элементов. Метод конечных элементов. Описание основных типов конечных элементов и построение сетки.

Тема 14. Анализ и представление результатов моделирования

Определение адекватности моделирования и соответствия требованиям, предъявляемым к моделям (актуальность, результативность, экономичность, достоверность, простота, открытость). Обработка полученных в результате моделирования данных. Основные способы и методы представления результатов моделирования.

**ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ**

### ЛИТЕРАТУРА

###### ОСНОВНАЯ

1. Алямовский, А. А. SolidWorks Simulation. Как решать практические задачи. – Сакт-Петербург : БХВ-Петербург, 2012. – 448 с.
2. Басов, К. А. ANSYS: справочник пользователя : справочник / К. А. Басов. – Москва : ДМК Пресс, 2008. – 640 с.
3. Красников, Г. Е. Моделирование физических процессов с использованием пакета Comsol Multiphysics : учебное пособие / Г. Е. Красников, О. В. Нагорнов, Н. В. Старостин. – Москва : НИЯУ МИФИ, 2012. – 184 с.
4. Зенкевич, O. K. Метод конечных элементов в технике / O. K. Зенкевич. – пер. с. англ. – Москва : Мир, 1975. – 541 с.
5. Математическое моделирование физико-химических процессов в среде Comsol Multiphysics 5.2 / А. В. Коваленко, А. М. Узденова, М. А. Уртенов, В. В. Никоненко. – 2-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2023. – 228 с.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ

1. Тарасик, В. П. Математическое моделирование технических систем : учебник для вузов. – Минск : ДизайнПРО, 2004. – 640 с.
2. Котов, А. Г. Основы моделирования в среде ANSYS : учебное пособие / А. Г. Котов. – Пермь : Перм. гос. техн. ун-т, 2008. – 200 с.
3. Электронная библиотека механики и физики. Лекции по ANSYS с примерами решения задач : курс лекций для студ. механико-математического фак., обуч. по спец. 1-31 03 02 «Механика (по направлениям)» [Электронный ресурс]. В 5 ч. Ч. 1. Графический интерфейс и командная строка. Средства создания геометрической модели / А. С. Кравчук, А. Ф. Смалюк, А. И. Кравчук. – Минск : БГУ, 2013. – 130 с. – Режим доступа : https://elib.bsu.by/handle/123456789/43440. – Дата доступа: 16.05.2023.
4. Бруяка, В. А. Инженерный анализ в ANSYS Workbench : учебное пособие / В. А. Бруяка, В. Г. Фокин, Я. В. Кураева. – Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2013. – 149 с.
5. Математическое моделирование физико-химических процессов в среде Comsol Multiphysics 5.2 : учебное пособие / А. В. Коваленко, А. М. Узденова, М. Х. Уртенов, В. В. Никоненко. – Санкт-Петербург : Лань, 2022. – 228 с.
6. Алямовский, А. А. SOLIDWORKS Simulation и FloEFD. Практика, методология, идеология / А. А. Алямовский. – Москва : ДМК Пресс, 2018. – 658 с.
7. Алямовский, А. А. SolidWorks Simulation. Инженерный анализ для профессионалов : задачи, методы, рекомендации / А. А. Алямовский. – Москва : ДМК Пресс, 2015. – 562 с.
8. Алямовский, А. А. Инженерные расчеты в SolidWorks Simulation / А. А. Алямовский. – Москва : ДМК Пресс, 2010. – 464 с.
9. Оконечников, А. С. Прочностные и динамические расчеты в программном комплексе ANSYS WORKBENCH : учебное пособие / А. С. Оконечников. – Москва : МАИ, 2021. – 101 с.
10. Математическое и компьютерное моделирование процессов и систем в среде MatLab/Simulink : учебное пособие / В. В. Васильев, Л. А. Симак, А. М. Рыбникова. – Киев, 2008. – 91 с.
11. Поршнев, С. В. Компьютерное моделирование физических процессов с использованием пакета MathCad / С.В. Поршнев. – Москва: Горячая Линия-Телеком, 2002. – 252 с.
12. Князьков, В. В. SolidWorks/COSMOSWorks. Компьютерное моделирование и инженерный анализ методом конечных элементов : учебное пособие / В. В. Князьков. – Нижний Новгород : НГТУ им. Р. Е. Алексеева, 2010. – 216 с.
13. Шалумов, А. С. Моделирование механических процессов в конструкциях РЭС на основе МКР и аналитических методов : учебное пособие / А. С. Шалумов. – Ковров : Ковровская государственная технологическая академия, 2001. – 296 с.
14. Звонарев, С. В. Основы математического моделирования : учебное пособие / С.В. Звонарев. – Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2019. – 112 с.
15. Никоненко, В. А. Математическое моделирование технологических процессов : моделирование в среде MathCAD : учебное пособие / В. А. Никоненко. – Москва : МИСИС, 2001. – 48 с.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ И

ВЫПОЛНЕНИЮ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

При изучении учебной дисциплины рекомендуется использовать следующие формы самостоятельной работы:

контролируемая самостоятельная работа в виде выполнения индивидуальных заданий в аудитории во время проведения лабораторных занятий под контролем преподавателя;

работа с основной и дополнительной литературой, интернет-ресурсами.

ПЕРЕЧЕНЬ РЕКОМЕНДУЕМЫХ СРЕДСТВ ДИАГНОСТИКИ

КОМПЕТЕНЦИЙ СТУДЕНТА

Типовым учебным планом по специальности 1-39 02 01 Моделирование и компьютерное проектирование радиоэлектронных средств в качестве формы промежуточной аттестации по учебной дисциплине «Программное обеспечение инженерного моделирования физических процессов» рекомендуется экзамен и курсовой проект. Оценка учебных достижений студента производится по десятибалльной шкале.

Для текущего контроля по учебной дисциплине и диагностики компетенций студентов могут использоваться следующие формы:

контрольные опросы;

оценивание на основе модульно-рейтинговой системы;

тестирование;

устный опрос;

отчеты по лабораторным работам с их устной защитой.

РЕКОМЕНДУЕМЫЕ МЕТОДЫ (ТЕХНОЛОГИИ) ОБУЧЕНИЯ

Основные рекомендуемые методы (технологии) обучения, отвечающие целям и задачам учебной дисциплины:

проблемное обучение (проблемное изложение, вариативное изложение, частично-поисковый метод), реализуемое на лекционных занятиях;

учебно-исследовательская деятельность, творческий подход, реализуемые на лабораторных занятиях и в ходе подготовки курсового проекта.

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО КУРСОВОМУ ПРОЕКТИРОВАНИЮ

Цель курсового проектирования: систематизация и закрепление теоретических знаний студентов по основным разделам дисциплины, углубленное изучение современных средств компьютерного инженерного моделирования, основанных на использовании численных методов решения уравнений, описывающих тепловые, механические и электромагнитные процессы.

При выполнении курсового проекта решаются задачи оптимального построения моделей физических процессов и воздействий на конструкции электронных средств на базе типовых методик с применением САПР и другого прикладного программного обеспечения.

Курсовой проект выполняется индивидуально. В проекте студент должен продемонстрировать умение применять все знания, которые были получены в ходе лекционных и лабораторных занятий.

Примерный перечень ТЕМ курсовых ПРОЕКТОВ

Инженерное моделирование физических процессов, протекающих в

авиамодельном высотомере;

приборе для проверки сервоприводов;

предусилителе с регуляторами тембра;

универсальном контроллере заряда аккумулятора;

импульсном металлоискателе;

высокомощном линейном источнике питания;

цифровом милливольтметре;

функциональном генераторе;

устройстве дистанционного управления;

электронной метеостанции;

устройстве кодового доступа;

блоке управления музыкальным центром;

голосовом информаторе с индукционным датчиком;

устройстве для удаленного мониторинга;

контрольно-сигнальном устройстве;

системе мониторинга окружающей среды;

программируемом логическом контроллере для бытовой автоматики;

таймере включения/выключения электроприборов;

GPS-трекере;

микрофонном предусилителе для вокодера;

АМ-приемнике с квадратурным микшером;

автономном мониторе качества воздуха;

девятиканальном релейном переключателе;

барометрическом высотомере;

вентильном стереопредусилителе;

переносной паяльной станции;

устройстве измерения радиации;

лазерном детекторе уровня;

генераторе тактовых импульсов;

драйвере шагового двигателя.

Примерный перечень ТЕМ лабораторных ЗАНЯТИЙ

1. Разработка плана моделирования. Определение требований к результатам моделирования.
2. Сравнительная характеристика программного обеспечения для решения инженерных задач моделирования на основе возможностей системы и используемых методов моделирования.
3. Частотный анализ электронного модуля в среде SolidWorks Simulation.
4. Анализ случайного колебания электронного модуля в среде SolidWorks Simulation.
5. Термический анализ электронного модуля в среде SolidWorks Simulation.
6. Анализ термического напряжения в электронном модуле в среде SolidWorks Simulation.
7. Испытание электронного средства на ударную нагрузку в среде SolidWorks Simulation.
8. Построение геометрии деталей в ANSYS.
9. Моделирование статического механического воздействия на изделие в ANSYS Workbench.
10. Моделирование динамических вибрационных механических воздействий на изделие в ANSYS Workbench.
11. Моделирование тепловых воздействий на изделие в ANSYS Workbench.
12. Моделирование механических нагрузок в среде COMSOL Multiphysics.
13. Моделирование периодических вибраций в среде COMSOL Multiphysics.
14. Моделирование теплового режима электронного модуля в среде COMSOL Multiphysics.
15. Моделирование электромагнитных воздействий на конструкции и блоки электронных средств с применением прикладного программного обеспечения.
16. Расчет эффективности экранирования. Модель экранирования с учетом природы электромагнитного воздействия.

Примерный перечень компьютерных программ

(*необходимого оборудования, наглядных пособий и т.п.)*

1. Компьютер персональный (ОС от Windows 10).
2. Набор офисных приложения для выполнения отчетов (Microsoft Office или др.).
3. ANSYS.
4. COMSOL Multiphysics.
5. SolidWorks.