

УТВЕРЖДАЮ

Директор ИНК

 В.Н. Бориков

«22» 06 2015 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
«МАТЕМАТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ»
НА 2015/16 УЧЕБНЫЙ ГОД**

НАПРАВЛЕНИЕ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ) ООП

11.03.04 – Электроника и нанoeлектроника

КВАЛИФИКАЦИЯ (СТЕПЕНЬ) – бакалавр

Базовый учебный план приема 2013 г.

Курс 3, семестр 6

Количество кредитов – 6

Код дисциплины Б2.В3

Виды учебной деятельности	Временной ресурс по очной форме обучения
Лекции, ч	40
Практические занятия, ч	16
Лабораторные занятия, ч	24
Аудиторные занятия, ч	80
Самостоятельная работа, ч	82
ИТОГО, ч	162

Вид промежуточной аттестации – экзамен

Обеспечивающее подразделение – кафедра ПМЭ ИНК

Заведующий кафедрой ПМЭ ИНК,


доцент, к.ф.-м.н.

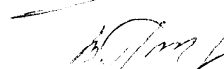
Руководитель ООП,

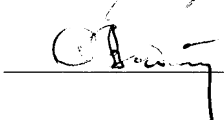
доцент каф. ПМЭ ИНК, к.т.н.

Преподаватель,

доцент каф. ПМЭ ИНК, к.т.н.

 Ф.А. Губарев

 В.В. Гребенников

 О.С. Вадутов

2015 г.

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Обработка сигнала производится с целью определения его характерных параметров, отделения помех типа шума от сигнала, разделения многокомпонентных сигналов, устранения искажений, вызванных несовершенством канала передачи или погрешностями измерения и т.п. До недавнего времени обработка сигналов, как правило, выполнялась при помощи аналоговых методов и устройств. Для настоящего времени характерно неуклонное расширение областей применения цифровой обработки сигналов. Цифровая обработка сигналов – одна из самых динамичных и быстро развивающихся технологий в мире. Сегодня обработка аналоговых сигналов с использованием цифровых методов все шире используется для решения множества прикладных задач в связи, радиолокации, звуковой локации, акустике, измерительной технике, медицине, ядерной энергетике и других областях науки и техники, в которых прежде доминировали аналоговые системы.

Особенностью современных систем обработки сигналов является широкое применение различных математических идей и методов. Данная дисциплина посвящена изучению математических методов и алгоритмов, применяемых в системах обработки сигналов.

Целью освоения дисциплины является:

в области обучения – формирование знаний, умений, навыков и компетенций по основам теории сигналов и математических методов, лежащим в основе современных алгоритмов их обработки. Особое внимание уделяется методам спектрального анализа и методам фильтрации, которые занимают важное место в профессиональной подготовке специалистов по преобразовательной технике и информационным технологиям;

в области воспитания – формирование убеждения о роли математических методов при подготовке магистерских диссертаций и в профессиональной деятельности специалистов;

в области развития – использование информационных средств, необходимых для будущей профессиональной деятельности.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП

Дисциплина «Математические основы обработки сигналов» относится к дисциплинам вариативной части междисциплинарного профессионального модуля.

Согласно учебному плану данной дисциплине предшествует изучение дисциплин: Б2.В1 «Информатика», Б2.Б3.1, Б2.Б3.2, Б2.Б3.3 «Математика», Б2.Б4.1, Б2.Б4.2, Б2.Б4.3 «Физика», Б3.Б13.2 «Теория электрических цепей».

Для успешного освоения дисциплины «Математические основы обработки сигналов» студенты

должны знать:

основные понятия и методы математического анализа;

основы теории электрических цепей;

технологии работы на персональных компьютерах;

должны уметь:

составлять математические модели электрических цепей;

выполнить математические расчеты на компьютере с использованием системы MatchCAD.

Содержание разделов дисциплины «Математические основы обработки сигналов» согласовано с содержанием дисциплин, изучаемых параллельно: Б2.В2 «Методы анализа и расчёта электронных схем», Б3.Б14 «Микроэлектроника».

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

В процессе освоения дисциплины у студентов развиваются следующие компетенции:

общекультурные:

способность к самоорганизации и самообразованию (ОК-7);

общепрофессиональные:

способность выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат (ОПК-2);

способностью решать задачи анализа и расчета характеристик электрических цепей (ОПК-3);

способность использовать основные приемы обработки и представления экспериментальных данных (ОПК-5);

способность использовать навыки работы с компьютером, владеть методами информационных технологий, соблюдать основные требования информационной безопасности (ОПК-9);

профессиональные:

способность строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования (ПК-1);

способность аргументированно выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения (ПК-2);

готовность анализировать и систематизировать результаты исследований, представлять материалы в виде научных отчетов, публикаций, презентаций (ПК-3);

готовность выполнять расчет и проектирование электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования (ПК-5).

В соответствии с требованиями ООП освоение дисциплины направлено на формирование у студентов следующих результатов обучения, в том числе в соответствии с ФГОС:

Таблица 1

Составляющие результатов обучения, которые будут получены при изучении данной дисциплины

Результаты обучения (компетенции из ФГОС)	Составляющие результатов обучения					
	Код	Знания	Код	Умения	Код	Владение опытом
Р1 ОПК-2, ОПК-3, ОПК-5, ОПК-9, ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-5	31.2	фундаментальные законы природы и основные законы физики;	У1.1	применять математические методы;	В1.1	решения математических уравнений;

Р2 ОПК-2, ОПК-3, ОПК-9, ПК-1, ПК-5	32.1	основные этапы системного анализа; системные аспекты управления; функциональные характеристики сложных систем	У2.1	использовать стандартные пакеты прикладных программ для решения практических задач	В2.1	применения принципов и методов моделирования, анализа, синтеза и оптимизации систем
	32.2	технологии работы на ПК в современных операционных средах	У2.2	применять принципы и методы построения моделей, методы анализа, синтеза и оптимизации при создании и исследовании электронных систем	В2.2	использования типовых пакетов прикладных программ, применяемых при проектировании аппаратов, приборов и электронных систем различного назначения
Р4 ОПК-3, ОПК-9, ПК-5	34.1	методы расчета электрических и электронных цепей;	У4.2	использовать методы автоматизации схемотехнического проектирования электронных устройств;	В4.1	использования принципов построения измерительных приборов и систем с микропроцессорным управлением;

В результате освоения дисциплины студентом должны быть достигнуты следующие результаты:

Таблица 2

Планируемые результаты освоения дисциплины

№ п/п	Результат
РД1	Применять знания по теории сигналов и алгоритмам цифровой обработки для оценки эксплуатационных свойств современных электронных систем.
РД2	Решать задачи по повышению эффективности и электромагнитной совместимости устройств энергетической электроники.
РД3	Выполнять обработку теоретических и экспериментальных данных с применением современных средств программирования и моделирования.

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Общие сведения о сигналах и методах их обработки

Лекции. Основные определения: информация, сообщение, сигнал. Понятие математической модели сигнала. Детерминированные и случайные сигналы. Периодические сигналы. Импульсные сигналы. Представление сигнала с помощью простейших функций и систем ортогональных функций. Дискретизация сигналов в системах обработки информации. Дискретные и цифровые последовательности. Задачи обработки сигналов.

Практическое занятие. Входной контроль. Математические модели сигналов.

Лабораторная работа. Вводное занятие по системе MathCAD.

2. Гармонический анализ сигналов

Лекции. Ряд Фурье и его свойства. Спектры простейших периодических сигналов. Условия сходимости ряда Фурье. Явление Гиббса. Распределение мощности в спектре периодического сигнала. Преобразование Фурье и его основные свойства. Распределение энергии в спектре непериодического сигнала. Спектры простейших непериодических сигналов. Практическая ширина спектра.

Практические занятия:

1. Ряд Фурье. Спектр периодических сигналов.
2. Преобразование Фурье. Спектры сигналов.

Лабораторные работы:

1. Гармонический анализ периодических сигналов.
2. Гармонический анализ непериодических сигналов.

3. Разложение сигналов по функциям Лагерра и Уолша

Лекции. Полиномы и функции Лагерра. Разложение сигналов по функциям Лагерра. Функции Радемахера. Образование функций Уолша. Достоинства и способы упорядочивания функций Уолша. Разложение сигналов по функциям Уолша.

Лабораторные работы (одна по выбору):

1. Разложение сигнала по системе ортогональных функций Лагерра.
2. Разложение сигналов по системе функций Уолша.

4. Линейные стационарные системы

Лекции. Общие свойства и уравнение «вход–выход» линейной стационарной системы. Передаточная функция, уравнение «вход–выход» системы в области изображений. Импульсная переходная функция, интеграл свертки. Частотная передаточная функция системы, уравнение «вход–выход» системы в частотной области. Частотные характеристики. Определение реакции линейной стационарной системы операторным методом. Дифференцирование и интегрирование сигналов. Условия неискаженного воспроизведения сигнала.

Практическое занятие. Расчет реакции линейной стационарной системы.

5. Аналоговые фильтры

Лекции. Задача фильтрации. Базисные фильтры и их идеальные частотные характеристики. Задачи аппроксимации частотных характеристик. Нормированные фильтры нижних частот. Фильтр Баттерворта, его свойства. Фильтр Чебышева первого рода, его свойства. Денормирование и трансформация фильтров. Оптимальная фильтрация.

Практическое занятие. Расчет аналоговых фильтров.

Лабораторная работа. Аналоговые фильтры нижних и верхних частот.

6. Дискретные модели сигналов

Лекции. Преобразование дискретных последовательностей. Масштабирование. Смещение. Прямая и обратная разности дискретной последовательности. Сумма дискретной последовательности. Представление сигналов с ограниченной полосой в виде ряда Котельникова. Формирование дискретного сигнала из дискретной последовательности. Z -преобразование и его свойства. Дискретное преобразование Фурье и его свойства.

Практическое занятие. Z -преобразование. Дискретное преобразование Фурье.

Лабораторная работа. Представление сигналов при помощи ряда Котельникова.

7. Линейные дискретные системы

Лекции. Понятие дискретной системы. Разностное уравнение и передаточная функция дискретной системы. Импульсная характеристика дискретной системы. Частотные характеристики дискретной системы. Структурная схема дискретной системы. Условия устойчивости дискретной системы.

Практическое занятие. Дискретные системы.

Лабораторные работы:

1. Дискретное интегрирование и дифференцирование.
2. Сглаживание экспериментальных данных.

8. Цифровые фильтры

Лекции. Принципы и преимущества цифровой фильтрации сигналов. Классификация цифровых фильтров.

Рекурсивные цифровые фильтры, их свойства. Структурные схемы рекурсивных цифровых фильтров. Расчет рекурсивных цифровых фильтров по аналоговому прототипу. Прямые методы расчета рекурсивных цифровых фильтров.

Нерекурсивные цифровые фильтры и их свойства. Нерекурсивные цифровые фильтры с линейной фазо-частотной характеристикой. Расчет нерекурсивных цифровых фильтров при помощи рядов Фурье и усредняющих окон.

Практическое занятие. Расчет рекурсивного цифрового фильтра по аналоговому прототипу.

Лабораторные работы:

1. Рекурсивные цифровые фильтры нижних и верхних частот.
2. Нерекурсивный цифровой фильтр нижних частот.

9. Спектральный анализ

Лекции. Основные понятия спектрального анализа. Корреляционная функция. Спектральная плотность мощности. Быстрое преобразование Фурье (БПФ). Алгоритмы БПФ с прореживанием по времени. Алгоритмы БПФ с прореживанием по частоте.

Коррелограммный метод оценивания спектральной плотности мощности. Периодограммный метод оценивания спектральной плотности мощности. Параметрические модели случайных процессов. Методы спектрального оценивания, основанные на моделях авторегрессии и авторегрессии скользящего среднего.

Практическое занятие. Алгоритмы БПФ.

Лабораторные работы:

1. Спектральное оценивание при помощи коррелограммного метода.
2. Спектральное оценивание при помощи периодограммного метода.

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Методы и формы организации обучения по дисциплине отражены в табл. 3.

Таблица 3

Методы и формы организации обучения (ФОО)

ФОО	Лекции	Лабор. работы	Практ. занятия	Тренинг, Мастер-класс	СРС	К. пр.
Методы						
IT-методы	+	+				
Работа в команде			+			
Case-study		+				
Игра						
Проблемное обучение	+					
Обучение на основе опыта		+	+			
Опережающая самостоятельная работа					+	
Проектный метод						
Поисковый метод					+	
Исследовательский метод		+			+	
Другие методы						

6. ОРГАНИЗАЦИЯ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

6.1. Текущая самостоятельной работы студентов (СРС)

СРС, направленная на закрепление знаний студента и развитие практических умений, включает:

- работу с лекционным материалом;
- подготовку к лабораторным работам и практическим занятиям;
- подготовку к контрольным работам, коллоквиумам и экзамену;
- выполнение домашних заданий, домашних контрольных работ;
- изучение тем, вынесенных на самостоятельную проработку.

6.2. Содержание самостоятельной работы студентов по дисциплине

Индивидуальное задание № 1 «Гармонический анализ сигналов».

Исходные данные: сигнал с заданными формой и параметрами.

Задание:

1. Сформировать периодический сигнал из импульсов заданной формы с параметрами $a=0,01$ с и $T=0,05$ с. Рассчитать значения коэффициентов ряда Фурье до десятой гармоники включительно для полученного периодического сигнала. Построить амплитудную и фазовую спектральные диаграммы.

Синтезировать два сигнала из усеченных рядов Фурье с различным числом учитываемых гармоник (не менее пяти). Построить графики сигналов. Построить графики ошибок аппроксимации и сделать выводы о качестве аппроксимации.

Найти *аналитическую формулу* $X(j\omega)$ спектральной характеристики одиночного импульса заданной формы.

С помощью полученного выражения $X(j\omega)$ построить годограф спектральной характеристики, амплитудно-частотную и фазо-частотную спектральные характеристики одиночного импульса.

5. Построить спектральную характеристику мощности сигнала $x(t)$.

Индивидуальное задание № 2. «Расчет характеристик дискретной системы».

Исходные данные: дискретная система, описываемая разностным уравнением второго порядка.

Задание:

1. Определить передаточную функцию дискретной системы.
2. Определить полюсы передаточной функции. Сделайте заключение об устойчивости или неустойчивости дискретной системы.
3. Составить структурную схему дискретной системы.
4. Построить амплитудно-частотную и фазо-частотную характеристики дискретной системы.
5. Найти импульсную характеристику дискретной системы.
6. Найти реакцию дискретной системы на заданное входное воздействие

Индивидуальное задание № 3. «Расчет рекурсивного цифрового ФНЧ (ФВЧ) по аналоговому прототипу».

Исходные данные: требуемые параметры АЧХ цифрового фильтра.

Задание:

1. Найти передаточную функцию цифрового ФНЧ, используя в качестве прототипа аналоговый фильтр Баттерворта.
2. Записать разностные уравнения и построить структурную схему для каскадной реализации цифрового фильтра.
3. Построить АЧХ и ФЧХ цифрового фильтра. Проверить выполнение требований к АЧХ фильтра. Проанализировать ФЧХ фильтра.

6.3. Контроль самостоятельной работы

Для самоконтроля работы студентов в материалах к лекциям и в методических указаниях по выполнению лабораторных работ предусмотрены контрольные вопросы и упражнения.

Контроль со стороны преподавателя за работой студентов осуществляется во время собеседования по всем выполненным индивидуальным заданиям и лабораторным работам.

6.4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

При выполнении индивидуальных заданий и лабораторных работ используется интегрированная система программирования MathCAD.

Для использования при самостоятельной работе студентов рекомендуются следующие образовательные ресурсы, размещенные на персональной странице лектора на портале ТПУ (<http://portal.tpu.ru>):

1. Электронный конспект лекций по всем девяти темам дисциплины.
2. Методические материалы по практическим занятиям.
2. Методические указания по выполнению лабораторных работ.

7. СРЕДСТВА ТЕКУЩЕЙ И ИТОГОВОЙ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Оценка качества освоения дисциплины производится по результатам следующих контролирующих мероприятий:

Контролирующие мероприятия	Результаты обучения по дисциплине
Выполнение лабораторных работ	РД1, РД2 и РД3
Защита лабораторных работ	РД1, РД2 и РД3
Выполнение индивидуальных заданий	РД1, РД2 и РД3
Собеседование по индивидуальным заданиям	РД1, РД2 и РД3
Контрольные работы	РД1, РД2 и РД3
Экзамен	РД1, РД2 и РД3

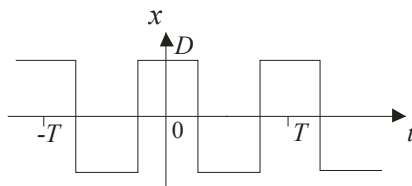
Для оценки качества освоения дисциплины при проведении контролирующих мероприятий предусмотрены следующие средства.

7.1. Текущая оценка качества. Образцы билетов к контрольным работам

1. КР № 1 по теме «Гармонический анализ периодических сигналов»

1. Запишите в общем виде тригонометрический ряд Фурье при разложении нечетной функции $x(t)$.

2. Найдите коэффициенты ряда для заданного сигнала.



2. КР № 2 по теме «Гармонический анализ непериодических сигналов»

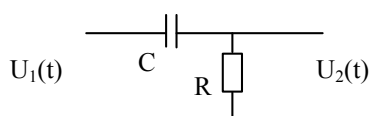
1. Сигнал $x(t)$ имеет спектральную характеристику $X(j\omega)$. Записать аналитическое выражение для спектральной характеристики интеграла. При каких условиях это выражение справедливо?

2. Найдите спектральную характеристику сигнала $x(t)$, состоящего из двух, смещенных относительно друг друга, дельта-функций: $x(t) = \delta(t) + \delta(t - 0.5)$.

3. КР № 3 по теме «Линейные стационарные системы»

1. Дайте понятие частотной передаточной функции. Как ее получают? Какие частотные характеристики и каким образом строят на ее основе?

2. На RC – цепь, схема которой показана на рисунке, подано ступенчатое воздействие $U_1(t) = N \cdot 1(t)$. Найдите $U_2(t)$.



4. КР № 4 по теме «Дискретные модели сигналов»

1. Дана дискретная последовательность $x(n) = 2 \cdot e^{-0,1n}$. Найдите прямую первую разность $\Delta x(n)$.

2. Определите дискретную последовательность $x(n)$, z -изображение которой описывается выражением $X(z) = 1 + z^{-1}$.

5. КР № 5 по теме «Дискретные системы»

1. Дайте понятие импульсной характеристики линейной дискретной системы. Как связаны импульсная характеристика системы с ее передаточной функцией? Где и как используется импульсная характеристика?

2. Дана передаточная функция дискретной системы $H(z) = \frac{Y(z)}{X(z)} = \frac{1 + 0,5 \cdot z^{-1}}{1 - 0,8 \cdot z^{-1}}$.

Запишите разностное уравнение дискретной системы.

7.2. Итоговая оценка качества. Образец экзаменационного билета

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ

1. Разложение сигналов по системам ортогональных функций (12 баллов)

- представление сигнала в виде ряда с помощью базисных функций;
- принцип определения коэффициентов ряда;
- требования к системе базисных функций;
- примеры систем базисных функций, используемых в теории сигналов.

2. Передаточная функция и импульсная характеристика дискретной системы (12 баллов)

- определение понятия «передаточная функция»;
- получение передаточной функции системы по её разностному уравнению;
- определение понятия «импульсная характеристика системы»;
- связь между передаточной функцией и импульсной характеристикой.

ЗАДАЧИ

3. **Задача 1 (8 баллов).** Дано дифференциальное уравнение RC – цепи:

$$0,005 \frac{dU_2}{dt} + U_2 = 0,005 \frac{dU_1}{dt}.$$

1. Запишите передаточную функцию цепи.
2. Запишите частотную передаточную функцию цепи.
2. Рассчитайте амплитуду и фазу сигнала на выходе системы в установившемся режиме, если на вход RC – цепи подан сигнал $U_1(t) = \sin(200t)$.

4. Задача 2 (8 баллов)

Произведена дискретизация экспоненциального сигнала $x(t) = 2 \cdot e^{-t}$, $t \geq 0$ с периодом $T = 0,1$ с

1. Запишите дискретную последовательность $x(n)$, $n \geq 0$.
2. Постройте график дискретной последовательности $x(n)$.
3. По формуле прямого Z -преобразования найдите изображение дискретной последовательности.

8. РЕЙТИНГ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Оценка качества освоения дисциплины в ходе текущей и промежуточной аттестации обучающихся осуществляется в соответствии с «Положением о проведении текущего оценивания и промежуточной аттестации в Томском политехническом университете» в действующей редакции.

Согласно рейтинговой системе текущий контроль производится в течение семестра путем балльной оценки качества усвоения теоретического материала (ответы на вопросы контрольных работ) и результатов практической деятельности (решение задач, выполнение индивидуальных заданий и отчетов по выполненным лабораторным работам). Максимальный рейтинг по текущей аттестации равен 60 баллам. Для того чтобы получить допуск к промежуточной аттестации студент должен набрать не менее 33 баллов.

Промежуточная аттестация (экзамен) производится в конце семестра также путем балльной оценки. Максимальный рейтинг на экзамене равен 40 баллам. На экзамене студент должен набрать не менее 22 баллов.

Итоговый рейтинг по дисциплине определяется суммированием баллов, полученных в ходе текущей и промежуточной аттестаций. Максимальный итоговый рейтинг соответствует 100 баллам.

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1. Основная литература

1. Вадутов О.С. Математические основы обработки сигналов. – Томск: Изд. ТПУ, 2011. – 212 с.

Доступ из корпоративной сети ТПУ:

<http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2012/m15.pdf>

2. Вадутов О.С. Математические основы обработки сигналов. Практикум. – Томск: Изд. ТПУ, 2014. – 102 с.

Доступ из корпоративной сети ТПУ:

<http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2014/m259.pdf>

3. Сергиенко А.Б. Цифровая обработка сигналов: учебное пособие; 3-е изд. – СПб: БХВ-Петербург, 2011. – 768 с.

Доступ с авторизованных компьютеров:

<http://ibooks.ru/reading.php?short=1&isbn=978-5-9775-0606-9>

4. 4Оппенгейм А. Шафер Р. Цифровая обработка сигналов: учебник; 3-е изд., испр. – М.: Техносфера, 2012. – 1048 с..

Доступ с авторизованных компьютеров:

<http://ibooks.ru/reading.php?short=1&isbn=978-5-94836-329-5>

9.2. Дополнительная литература

5. Гоноровский И.С. Радиотехнические цепи и сигналы: учебник. – М.:– Дрофа, 2006. — 719 с.

6. Баскаков С.И. Радиотехнические цепи и сигналы: учебник М.: Высшая школа, 2000. – 564 с.

7. Гольденберг Л.М., Матюшкин Б.Д., Поляк М.Н. Цифровая обработка сигналов: учебное пособие. – М.: Радио и связь, 1990. – 256 с.

8. Основы цифровой обработки сигналов: курс лекций / Авторы: А.И. Солонина, Д.А. Улахович, С.М. Арбузов, Е.Б. Соловьева, И.И. Гук. – СПб.: БХВ-Петербург, 2003. – 608 с.; 2-е изд. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 753 с.

9. Куприянов Н.Г., Матюшкин Б.Д. Цифровая обработка сигналов. – СПб.: Политехника, 2002. – 468 с.
10. Гоноровский И.С., Демин М.П. Радиотехнические цепи и сигналы: учебное пособие. – М.: Радио и связь, 1994. – 480 с.
11. Радиотехнические цепи и сигналы: учебное пособие / Под ред. К.А. Самойло. – М.: Радио и связь, 1982. – 528 с.
12. Радиотехнические цепи и сигналы. Примеры и задачи: учебное пособие / Под ред. И.С.Гоноровского. – М.: Радио и связь, 1989. – 248 с.
13. Рабинер Л.,Гоулд Б. Теория и применение цифровой обработки сигналов. – М.: Мир, 1978 – 848с.
14. Марпл-мл. С.Л. Цифровой спектральный анализ и его приложения – М.: Мир, 1990. – 584с.

9.3.Учебно-методические материалы

15. Исходные данные к выполнению индивидуальных заданий.

9.4. Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

16. Система программирования MathCAD.
17. <http://www.exponenta.ru/>

10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

№ п/п	Наименование (компьютерные классы, учебные лаборатории, оборудование)	Аудитория, кол-во раб. мест
1	Учебная аудитория, оборудованная компьютером и проектором	Ауд. 318-16в, 24 раб. мест
2	Компьютерный класс с компьютерами Pentium и выходом в Интернет	Ауд. 327-16в, 10 раб. мест

Программа составлена на основе СУОС ТПУ в соответствии с требованиями ФГОС по направлению 11.03.04 «Электроника и наноэлектроника» и профилю «Промышленная электроника».

Программа одобрена на заседании кафедры промышленной и медицинской электроники ИНК ТПУ. (протокол № 12.15 от «19» июня 2015 г.).

Автор: Олег Самигулович Вадутов,
доцент каф. промышленной и медицинской электроники.

Рецензент: Анатолий Филиппович Глотов,
доцент каф. промышленной и медицинской электроники.