

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»


УТВЕРЖДАЮ
Директор института
энергетики и автоматизированных
систем
С.И. Лукьянов
«26» сентября 2018 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

ЦИФРОВАЯ ОБРАБОТКА СИГНАЛОВ

Направление подготовки
09.03.01 Информатика и вычислительная техника

Направленность программы
Автоматизированные системы обработки информации и управления

Уровень высшего образования – бакалавриат
Программа подготовки – прикладной бакалавриат

Форма обучения
очная

Факультет (институт)	энергетики и автоматизированных систем
Кафедра	вычислительной техники и программирования
Курс	2
Семестр	4

Магнитогорск
2018 г.

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО по направлению подготовки (специальности) 09.03.01 Информатика и вычислительная техника, утвержденного приказом МО и Н РФ от 12.01.2016 г. № 5.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры вычислительной техники и программирования «05» сентября 2018 г., протокол № 1.

Заведующий кафедрой  О.С. Логунова

Рабочая программа одобрена методической комиссией института энергетики и автоматизированных систем «26» сентября 2018 г., протокол № 1.

Председатель  С.И. Лукьянов

Рабочая программа составлена: профессором, доктором техн. наук, профессором

 И.М. Ячиковым

Рецензент:

начальник отдела инновационных разработок ЗАО «Консом-СКС», канд. техн. наук

 А.Н. Панов

1 Цели и задачи освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины (модуля) "Цифровая обработка сигналов" является изучение роли и значения цифровой обработки сигналов в приеме и передаче информации, особенностей и преимуществ цифрового представления сигналов, изучение алгоритмов цифровых преобразований, реализация цифровой обработки в телекоммуникационных, информационно-измерительных и системах и ее применение в различных областях науки, техники и производства.

Для достижения поставленной цели в курсе «Цифровая обработка сигналов» решаются задачи:

изучение основ фундаментальной теории цифровой обработки сигналов (ЦОС) в части базовых методов и алгоритмов ЦОС, инвариантных относительно физической природы сигнала, и включающих в себя:

- математическое описание (математические модели) линейных дискретных систем (ЛДС) и дискретных сигналов, включая дискретное и быстрое преобразование Фурье (ДПФ и БПФ);
- основные этапы проектирования цифровых фильтров (ЦФ);
- синтез и анализ ЦФ и их математическое описание в виде структур;
- оценку шумов квантования в ЦФ с фиксированной точкой (ФТ);
- изучение современных средств компьютерного моделирования базовых методов и алгоритмов ЦОС.

2 Место дисциплины в структуре образовательной программы подготовки бакалавра

Дисциплина Б1.В.ДВ.06.01 «Цифровая обработка сигналов» входит в вариативную часть дисциплин по выбору блока 1 образовательной программы.

Изучение дисциплины базируется на следующих курсах: теория и практика обработки информации, математика, теория алгоритмов, программирование, численные методы, физика. Дисциплина является предшествующей для изучения дисциплин «Моделирование», «ЭВМ и периферийные устройства» и научно-исследовательской работы студентов.

3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля) и планируемые результаты обучения

В результате освоения дисциплины (модуля) «Цифровая обработка сигналов» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения
ПК-2 Обладает способностью разрабатывать компоненты аппаратно-программных комплексов и баз данных, используя современные инструментальные средства и технологии программирования	
Знать	преимущества цифровых сигналов и их роль в проектировании приборов, устройств и узлов телекоммуникационных и информационно-измерительных систем; современную элементную базу для реализации систем цифровой обработки сигналов.
Уметь	математически описывать цифровые сигналы и системы их обработки; проектировать (проводить синтез и рассчитывать параметры) цифровых фильтров различного типа; разрабатывать программные приложения для реализации систем цифровой обработки сигналов.
Владеть	математическими и алгоритмическими методами проектирования систем цифровой обработки сигналов; информационными технологиями и программным обеспечением для проектирования простейших систем цифровой обработки сигналов в информационно-измерительных комплексах.
ДПК-2 Обладает способностью разрабатывать компоненты программного обеспечения для цифровой обработки сигналов	

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения
Знать	математический аппарат для описания цифровых сигналов и систем; различные способы и алгоритмы цифровой фильтрации; области применения цифровой обработки сигналов;
Уметь	разрабатывать программные приложения для реализации систем цифровой обработки, программно реализовывать цифровые фильтры различных типов - ЦФ методом ДПФ, нерекурсивные ЦФ, рекурсивные ЦФ; ориентироваться в современной литературе по цифровой обработке сигналов и цифровом спектральном анализе.
Владеть	информационными технологиями и программным обеспечением для проектирования блоков и систем цифровой обработки сигналов в телекоммуникационных и информационно-измерительных системах;

4 СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единиц 144 академических часов, в том числе:

- контактная работа – 54,15 академических часов:
 - аудиторная – 51 академических часов;
 - внеаудиторная – 3,15 академических часов
- самостоятельная работа – 54,15 академических часов;
- подготовка к экзамену – 35,7 академических часов.

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в академических часах)			Самостоятельная работа (в академических часах)	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код и структурный элемент компетенции
		лекции	лаборат. занятия	практич. занятия				
Раздел 1. Цифровые сигналы. Назначение и применение цифровых сигналов и систем ЦОС.	4							
1.1 Непрерывные (аналоговые) и дискретные (цифровые) сигналы. Назначение и области применения цифровых сигналов и систем цифровой обработки сигналов (ЦОС).		2			4	1. Поиск дополнительной информации по заданной теме. 2. Самостоятельное изучение учебной литературы. 3. Работа с электронными библиотеками.	Устный опрос	ПК-2–зув, ДПК-2 -зув
1.2 Преобразование аналоговых сигналов в цифровые и обратное восстановление аналоговых сигналов. Теорема Котельникова. Верхняя граничная частота дискретизации и частота Найквиста		2	8		4	1. Подготовка к выполнению л.р.№1. 2. Самостоятельное изучение учебной литературы.	Контрольные вопросы и тестовые задания по л.р.№1	ПК-2–зув, ДПК-2 -зув
1.3 Спектр дискретного сигнала. Влияние формы АЧХ фильтра на результат восстановления непрерывного сигнала		2			5,15	1. Работа с электронными библиотеками. 2. Самостоятельное изучение	Устный опрос	ПК-2–зув, ДПК-2 -зув

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в академических часах)			Самостоятельная работа (в академических часах)	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код и структурный элемент компетенции
		лекции	лабораторные занятия	практические занятия				
нала по дискретной последовательности. Эффект наложения спектра и появление ложных частот на примере одиночного гармонического сигнала.						учебной литературы.		
Итого по разделу		6	8		13,15			
Раздел 2. Спектральное представление цифровых сигналов	4							
2.1 Дискретное преобразование Фурье (ДПФ) и обратное дискретное преобразование Фурье (ОДПФ). Основные свойства ДПФ. Практическая реализация вычислений ДПФ. Идентичность алгоритмов вычисления ДПФ и ОДПФ. Соответствие числовых значений физических величин (времени и частоты) и номеров дискретных последовательностей.		2	8		10	1. Подготовка к выполнению л.р.№2. 2. Самостоятельное изучение учебной литературы.	Контрольные вопросы и тестовые задания по л.р.№2	ПК-2–зув, ДПК-2 -зув
2.2 Алгоритм быстрого преобразования Фурье (БПФ). Выводы по алгоритму БПФ. Теория z-преобразования. Определение z-преобразования дискретной последовательности. Примеры вычисления z-преобразования. Основные свойства z-преобразования.		2			10	1. Поиск дополнительной информации по заданной теме. 2. Самостоятельное изучение учебной литературы. 3. Работа с электронными библиотеками.	Устный опрос	ПК-2–зув, ДПК-2 -зув
Итого по разделу		4	8		20			
Раздел 3. Цифровая фильтрация	4							

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в acad. часах)			Самостоятельная работа (в acad. часах)	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код и структурный элемент компетенции
		лекции	лаборат. занятия	практич. занятия				
3.1 Основные формулы теории преобразования аналоговых сигналов. Общий вид частотного коэффициента передачи аналоговых систем. Цифровые фильтры. Цифровая фильтрация методом ДПФ. Алгоритм цифровой фильтрации и его физический смысл.		2	8		3	1. Подготовка к выполнению л.р.№3. 2. Самостоятельное изучение учебной литературы.	Контрольные вопросы и тестовые задания по л.р.№3.	ПК-2–зув, ДПК-2 -зув
3.2 Элементы цифровой фильтрации с использованием простых манипуляций данными (сглаживание данных, взятие разностей). Определение импульсной характеристики ЦФ. Функция передачи.		2			4	1. Поиск дополнительной информации по заданной теме. 2. Самостоятельное изучение учебной литературы. 3. Работа с электронными библиотеками.	Устный опрос	ПК-2–зув, ДПК-2 -зув
3.3 Способы математического описания ЦФ. Разностное уравнение. Формула алгоритма цифровой фильтрации. Не рекурсивные и рекурсивные цифровые фильтры и фильтры с конечной (КИХ) и бесконечной (БИХ) импульсной характеристикой.		3	10		4	1. Подготовка к выполнению л.р.№4. 2. Самостоятельное изучение учебной литературы.	Контрольные вопросы и тестовые задания по л.р.№4.	ПК-2–зув, ДПК-2 -зув
Итого по разделу		7	18		10			
Итого за семестр		17	34		54,15		Экзамен	
Итого по дисциплине		17	34		54,15			

5 ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

1. **Традиционные образовательные технологии**, ориентированные на организацию образовательного процесса и предполагающую прямую трансляцию знаний от преподавателя к студенту.

Формы учебных занятий с использованием традиционных технологий:

Информационная лекция – последовательное изложение материала в дисциплинарной логике, осуществляемое преимущественно вербальными средствами (монолог преподавателя).

Практическое занятие, посвященное освоению конкретных умений и навыков по предложенному алгоритму.

2. **Технологии проблемного обучения** – организация образовательного процесса, которая предполагает постановку проблемных вопросов, создание учебных проблемных ситуаций для стимулирования активной познавательной деятельности студентов.

Формы учебных занятий с использованием технологий проблемного обучения:

Практическое занятие в форме практикума – организация учебной работы, направленная на решение комплексной учебно-познавательной задачи, требующей от студента применения как научно-теоретических знаний, так и практических навыков.

3. **Интерактивные технологии** – организация образовательного процесса, которая предполагает активное и нелинейное взаимодействие всех участников, достижение на этой основе лично значимого для них образовательного результата.

Формы учебных занятий с использованием специализированных интерактивных технологий:

Лекция «обратной связи» – лекция–провокация (изложение материала с заранее запланированными ошибками), лекция-беседа, лекция-дискуссия, лекция-пресс-конференция.

Семинар-дискуссия – коллективное обсуждение вопросов, проблемы, выявление мнений в группе по теме научного исследования студентов.

4. **Информационно-коммуникационные образовательные технологии** – организация образовательного процесса, основанная на применении программных сред и технических средств работы с информацией по теме научно-исследовательской работы студентов.

Формы учебных занятий с использованием информационно-коммуникационных технологий:

Лекция-визуализация – изложение содержания сопровождается презентацией и видеоматериалами по курсам «Математическое моделирование» и «Компьютерное моделирование».

6 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ

По дисциплине «Цифровая обработка сигналов» предусмотрена аудиторная и внеаудиторная самостоятельная работа обучающихся.

Аудиторная самостоятельная работа студентов предполагает решение задач при выполнении коллоквиума по теме лабораторной работы.

Примерные аудиторные коллоквиумы

Примерные контрольные вопросы и тестовые задания по л.р.№1. «Преобразование аналоговых сигналов в цифровые и обратное восстановление аналоговых сигналов. Теорема Котельникова».

1. Сигнал, изменяющийся дискретно и по аргументу и по значению:

А) цифровой;

Б) дискретно-аналоговый;

В) аналого-дискретный.

2. Шумы и помехи в канале связи представляют собой ... процессы. А) случайные Б) полезные В) детерминированные регулярные
3. Периодические сигналы: Варианты ответов: А) $s(t) = s(t + T)$; Б) $s(t) = U\sin(2\pi/T)$; В) $s(t) = at$.
4. Сигналы, значения которых можно предсказать с вероятностью 1: А) детерминированные; Б) квазидетерминированные; В) случайные; Г) шумовые.
5. Сигнал, непрерывно изменяющийся и по аргументу и по значению: А) аналоговый; Б) дискретно-аналоговый; В) цифровой.

Примерные контрольные вопросы и тестовые задания по л.р.№2. «Дискретное преобразование Фурье (ДПФ) и обратное дискретное преобразование Фурье».

1. Показать, что дискретизация сигнала во временной области приводит к периодическому продолжению его спектра в частотной области.
2. Записать выражения для непрерывного и дискретного преобразований Фурье, а также для непрерывно-временного и дискретно-временного рядов Фурье.
3. Пояснить смысл эффекта наложения спектров. Как этот эффект связан с выбором частоты дискретизации?
4. Z-преобразование и его свойства.
5. Дискретные линейные системы и их передаточные функции.
6. Алгоритмы быстрого преобразования Фурье

Примерные контрольные вопросы и тестовые задания по л.р.№3. «Цифровые фильтры. Цифровая фильтрация методом ДПФ».

1. Определение цифрового фильтра. Стационарность, линейность, физическая реализуемость, устойчивость. Примеры разностных уравнений и реализации цифровых фильтров.
2. Базовые операции и сигналы, используемые в цифровых фильтрах. Аналитическая запись дискретной последовательности через ЕИ. Приведите пример.
3. Прямое и обратное Z-преобразования. Свойства линейности. Теорема о запаздывании. Примеры Z-преобразований их физическая интерпретация.
4. Алгоритм функционирования линейного цифрового фильтра. Разностное уравнение и его свойства. Приведите пример реализации режекторного фильтра и его отклик на гармоническое воздействие.
5. Основные формы реализации цифровых фильтров (ЦФ). Сравнение реализаций цифровых фильтров. Показать на примере идентичность прямой и канонической форм реализа-

ции ЦФ.

6. Основные характеристики линейных цифровых фильтров с постоянными параметрами. Вывести выражение для системной функции исходя из разностного уравнения для цифрового фильтра третьего порядка.

Примерные контрольные вопросы и тестовые задания по л.р.№4. «Способы математического описания ЦФ. Разностное уравнение. Формула алгоритма цифровой фильтрации».

1. Доказать, что применение прямых разностей в методе отображения дифференциалов не гарантирует устойчивости полученного цифрового фильтра.

2. Записать формулу билинейного преобразования. Доказать, что при его использовании полученный цифровой фильтр получается устойчивым, если устойчив аналоговый прототип.

3. Как проявляется округление коэффициентов цифрового фильтра при его реализации? Каким образом можно учесть соответствующие погрешности?

4. Пояснить смысл эффекта наложения спектров. Как этот эффект связан с выбором частоты дискретизации?

5. Перечислить составляющие, из которых формируется шум на выходе реального цифрового фильтра.

7 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
ПК-2 способность разрабатывать компоненты аппаратно-программных комплексов и баз данных, используя современные инструментальные средства и технологии программирования		
Знать	некоторые современные методы моделирования и программные средства для решения практических задач	<p>Перечень теоретических вопросов к экзамену:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Частотная – $H(\exp(j\omega T))$, амплитудно-частотная – $A(\omega)$ и фазочастотная – $\varphi(\omega)$ характеристики линейных цифровых фильтров. 2. Особенности характеристик (главный интервал частот, чётность, периодичность). 3. Примеры частотных характеристик для цифрового резонатора. 4. Точностные характеристики ЦФ. 5. Общая характеристика погрешностей, возникающих в ЦФ. Подходы к оценке погрешностей. 6. Точки возникновения погрешностей при округлении результатов. Как составляются локальные передаточные функции? 7. Формулы для вычисления погрешностей (локальных и суммарной). Приведите пример. 8. Ошибки, возникающие в цифровых рекурсивных фильтрах из-за квантования данных. 9. Расчёт ошибок при прямой и канонической формах реализации ЦРФ первого порядка по вероятностному подходу. 10. Рекомендации по использованию прямой и канонической форм реализации ЦРФ. 11. Методы борьбы с предельными циклами. Метод вычислений с сохранением остатков. Математическая модель умножителя с сохранением остатков. Приведите численный пример, подтверждающий рациональность использования умножителя с сохранением остатков. 12. Точностные характеристики цифрового рекурсивного фильтра первого порядка с сохранением и без сохранения остатков. Графики дисперсий и их физическая интерпретация. 13. Точностные характеристики цифрового рекурсивного фильтра второго порядка с сохранением и без сохранения остатков.
Уметь	выбирать способы эффективного решения задач посредством исполь-	<p>Примерные практические задания</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Постройте графики дисперсий для заданных Вами коэффициентов фильтра. 2. Приведите основные этапы проектирования цифровых фильтров.

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
	зования эффективных программных средств.	4.Приведите пример оценки погрешностей в выбранном Вами цифровом фильтре. 5.Покажите распространённые типы «масок» и соответствующие им двумерные цифровые фильтры.
Владеть	основными методами решения прикладных задач.	Задания на решения прикладных задач. 1.Методом частотной выборки построить полосовой фильтр с частотами среза $\pi/8$ и $5\pi/8$. Использовать выборку первого типа с $N = 8$. Нарисовать структурную схему получившегося фильтра, используя только действительные коэффициенты. 2. Методом отображения дифференциалов построить ФВЧ с частотой среза $f_c = 100$ Гц, используя в качестве прототипа аналоговый ФНЧ Бесселя второго порядка ($a_1 = 1,3617, b_1 = 0,618$). Частоту дискретизации выбрать самостоятельно. Получить линейное разностное уравнение фильтра и построить его структурную схему.
ДПК-2 способность разрабатывать компоненты программного обеспечения для цифровой обработки сигналов		
Знать	теорию численного эксперимента и компьютерного моделирования, его особенности.	Перечень теоретических вопросов к экзамену: 1.Основные формы реализации цифровых фильтров (ЦФ). 2.Сравнение реализаций цифровых фильтров. 3.Показать на примере идентичность прямой и канонической форм реализации ЦФ. 4.Основные характеристики линейных цифровых фильтров с постоянными параметрами. 4.Вывести выражение для системной функции исходя из разностного уравнения для цифрового фильтра третьего порядка. 5.Дискретная свёртка. Формулы дискретной свёртки. 6.Пример вычисления дискретной свёртки с помощью графического алгоритма. Длина свёртки. 7.Приведите пример использования дискретной свертки при вычислении отклика цифрового фильтра.
Уметь	применить знания к простейшим задачам, распознавать эффективное решение от неэффективного. Проверка адекватно-	Примерные практические задания и вопросы 1.Спроектируйте сглаживающий фильтр первого порядка. 2.Откуда получил свое название рекурсивный фильтр? 3.В чем преимущество рекурсивных фильтров по сравнению с нерекурсивными фильтрами.

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
	сти созданной модели.	<p>4. В чем преимущество нерекурсивных фильтров по сравнению с рекурсивными фильтрами?</p> <p>5. Приведите основные формулы теории преобразования аналоговых сигналов.</p> <p>6. Адекватность полученной передаточной функции. Нули и полюса передаточной функции.</p>
Владеть	способностью проведения численного эксперимента и анализа на его основе, оценивать значимость и практическую пригодность полученных результатов.	<p>Задания на решения задач из области численного эксперимента.</p> <p>1. Методом инвариантного преобразования импульсной характеристики построить ФНЧ с частотой среза $f_c = 200$ Гц, используя в качестве прототипа аналоговый ФНЧ Бесселя второго порядка ($a_1 = 1,3617$, $b_1 = 0,618$). Частоту дискретизации выбрать самостоятельно на основе численных экспериментов. Получить линейное разностное уравнение фильтра и построить его структурную схему.</p> <p>2. Провести численный эксперимент для нахождения методом взвешивания с окном Ханна импульсной характеристики полосового фильтра с частотами среза $\omega/4$ и $\omega/8$. Использовать фильтр 4 вида с $N = 16$.</p>

б) Порядок проведения промежуточной аттестации, показатели и критерии оценивания:

Промежуточная аттестация по дисциплине «Цифровая обработка сигналов» включает теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень усвоения обучающимися знаний, и практические задания, выявляющие степень сформированности умений и владений, проводится в форме экзамена.

Экзамен по дисциплине проводится в устной форме по экзаменационным билетам, каждый из которых включает 2 теоретических вопроса и одно практическое задание.

Показатели и критерии оценивания экзамена:

– на оценку «отлично» (5 баллов) – обучающийся демонстрирует высокий уровень сформированности компетенций, всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, свободно выполняет практические задания, свободно оперирует знаниями, умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.

– на оценку «хорошо» (4 балла) – обучающийся демонстрирует средний уровень сформированности компетенций: основные знания, умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.

– на оценку «удовлетворительно» (3 балла) – обучающийся демонстрирует пороговый уровень сформированности компетенций: в ходе контрольных мероприятий допускаются ошибки, проявляется отсутствие отдельных знаний, умений, навыков, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.

– на оценку «неудовлетворительно» (2 балла) – обучающийся демонстрирует знания не более 20% теоретического материала, допускает существенные ошибки, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.

– на оценку «неудовлетворительно» (1 балл) – обучающийся не может показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.

8 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

а) Основная литература:

1. Сергиенко А. Б. Цифровая обработка сигналов: учеб. пособие. - 3-е изд. - СПб.: БХВ-Петербург, 2011. - 768 с. - (Учебная литература для вузов).

ЭБС «Знаниум» - Режим доступа: <http://znanium.com/bookread.php?book=354905>

2. Солонина, А. И. Цифровая обработка сигналов. Моделирование в MATLAB / А. И. Солонина,

3. Арбузов С. М. - СПб.: БХВ-Петербург, 2008. - 814 с.: ил. - (Учебное пособие).

ЭБС "Знаниум" - Режим доступа: <http://znanium.com/bookread.php?book=350520>

б) Дополнительная литература:

1. Красильников Н. Н. Цифровая обработка 2D- и 3D-изображений: учеб. пособие. - СПб.: БХВ-Петербург, 2011. - 608 с.

ЭБС "Знаниум" - Режим доступа: <http://znanium.com/bookread.php?book=355314>

2. Подлесный, С. А. Устройства приема и обработки сигналов [Электронный ресурс]:

Учеб. пособие / С. А. Подлесный, Ф. В. Зандер. - Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2011. - 352 с. ЭБС "Знаниум" - Режим доступа: <http://znanium.com/bookread.php?book=441113>

в) Методические указания:

1. Никитин А. В. Цифровая обработка сигналов. Выпуск 1. Методические указания к лабораторным работам № 1-2. Волгоград: Издательство ВолГУ. 1997. –24 с.

2. Никитин А. В. Цифровая обработка сигналов. Выпуск 2. Методические указания к лабораторным работам № 3-4. Волгоград: Издательство ВолГУ, 1997. –16 с.

г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

Программное обеспечение: лицензионное программное обеспечение: операционная система MS Windows 2007; MS Office 2010; PacketTracer, установленные на каждом персональном компьютере вычислительного центра ФГБОУ ВПО «МГТУ».

Перечень лицензионного программного обеспечения по ссылке:

<http://sps.vuz.mgtu.ru/Shared%20Documents/Forms/AllItems.aspx?RootFolder=%2FShared%20Documents%2F%D0%9F%D0%BE%D0%B4%D0%B3%D0%BE%D1%82%D0%BE%D0%B2%D0%BA%D0%B0%20%D0%BA%20%D0%B0%D0%BA%D0%BA%D1%80%D0%B5%D0%B4%D0%B8%D1%82%D0%B0%D1%86%D0%B8%D0%B8%202020%2F%D0%A1%D0%B0%D0%BC%D0%BE%D0%BE%D0%B1%D1%81%D0%BB%D0%B5%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B5%202019%D0%B3%2F%D0%9B%D0%B8%D1%86%D0%B5%D0%BD%D0%B7%D0%B8%D0%BE%D0%BD%D0%BD%D0%BE%D0%B5%20%D0%9F%D0%9E&InitialTabId=Ribbon.Document&VisibilityContext=WSSTabPersistence>

Официальные сайты промышленных предприятий и организаций: <http://www.mmk.ru> , <http://www.mgtu.ru> , и т.п.; разработчиков программных продуктов: <http://www.statsoft.ru> , <http://www.microsoft.com> , <http://www.netacad.com> и т.п.

9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Материально-технического обеспечения включает:

Тип и название аудитории	Оснащение аудитории
Лекционная аудитория ауд. 282	Мультимедийные средства хранения, передачи и представления информации
Компьютерные классы Центра информационных технологий ФГБОУ ВО «МГТУ»	Персональные компьютеры, объединенные в локальные сети с выходом в Internet, оснащенные современными программно-методическими комплексами для решения задач в области информатики и вычислительной техники
Аудитории для самостоятельной работы: компьютерные классы; читальные залы библиотеки	Все классы УИТ и АСУ с персональными компьютерами, выходом в Интернет и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета
Аудиторий для групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	Ауд. 282 и классы УИТ и АСУ
Помещения для самостоятельной работы обучающихся, оснащенных компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и наличием доступа в электронную информационно-образовательную среду организации	Классы УИТ и АСУ
Помещения для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования	Центр информационных технологий – ауд. 379