

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Владимирский государственный университет
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
(ВлГУ)



Проректор
по учебно-методической работе
А.А. Панфилов
«06» 02 2015 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
«МЕТОДЫ И АЛГОРИТМЫ ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ
И ИЗОБРАЖЕНИЙ»

Направление подготовки 27.04.04 *Управление в технических системах*

Программа подготовки *Управление и информатика в технических системах*

Уровень высшего образования *магистратура*

Форма обучения *очная*

Семестр	Трудоёмкость зач, ед, час.	Лекций, час.	Практик. занятий, час.	Лаборат. работ, час.	СРС, час.	Форма промежуточного контроля (экз./зачет)
II	4,144	18	18	18	54	Экзамен-36 ч.
Итого	4,144	18	18	18	54	Экзамен-36 ч.

Владимир, 2015

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью изучения дисциплины (модуля) «Методы и алгоритмы обработки сигналов и изображений» является освоение студентами теоретических основ и математического аппарата обработки сигналов и изображений, а также получение навыков практической реализации методов и алгоритмов обработки с помощью средств вычислительной техники.

Программа дисциплины предполагает изучение цифровой обработки одномерных и двумерных сигналов во временной и частотной области; методов синтеза цифровых фильтров; основ адаптивной, оптимальной и многоскоростной обработки сигналов; современной вычислительной техники, применяемой для обработки сигналов.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВПО

В структуре ОПОП ВО по направлению **27.04.04 Управление в технических системах** дисциплина «Методы и алгоритмы обработки сигналов и изображений» является обязательной дисциплиной вариативной части программы магистратуры.

По «входу» дисциплина «Методы и алгоритмы обработки сигналов и изображений» основывается на изучении дисциплины «Математическое моделирование объектов и систем управления».

Дисциплина «Методы и алгоритмы обработки сигналов и изображений» является предшествующей для следующих дисциплин «Вычислительные средства информационных систем», «Проектирование систем автоматического управления».

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина «Методы и алгоритмы обработки сигналов и изображений» участвует в формировании следующих компетенций:

- способность применять современные методы разработки технического, информационного и алгоритмического обеспечения систем автоматизации и управления (ПК-3);

В результате освоения дисциплины обучающийся должен демонстрировать следующие результаты образования.

1) знать:

а) теорию дискретных сигналов и линейных дискретных систем: представление дискретных сигналов во временной и частотной области; модели, структуры и характеристики линейных дискретных систем (ПК-3);

б) теоретические основы и математический аппарат цифровой обработки одно- и двумерных сигналов, включая методы синтеза и способы применения цифровых фильтров; приемы обработки сигналов в частотной области на основе дискретного преобразования Фурье (ПК-3);

в) архитектуры современных сигнальных процессоров и подходы к реализации типовых алгоритмов цифровой обработки сигналов на их основе (ПК-3);

2) уметь:

а) применять современный инструментарий проектирования программно-аппаратных средств для решения задач обработки сигналов и изображений (ПК-3);

б) выбирать методы и разрабатывать алгоритмы решения задач обработки сигналов и изображений (ПК-3);

в) использовать современные технологии обработки информации, современные технические средства и вычислительную технику при проектировании систем цифровой обработки сигналов (ПК-3);

3) владеть

а) навыками к профессиональной эксплуатации современного оборудования и приборов, применяемых в ходе проектирования систем цифровой обработки сигналов (ПК-3);

б) навыками моделирования процессов цифровой обработки сигналов с помощью среды программирования численных методов MATLAB (ПК-3);

в) методологией разработки программного обеспечения для обработки сигналов, включая способы организации данных, построения алгоритмов их обработки, синтаксис и семантику языков программирования (ПК-3).

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единицы, 144 часа.

№ п п	Раздел (тема) дисциплина	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)							Объем уч работы с применением интерактивных методов (в час/%)	Формы текущего контроля успеваемости. Форма промежуточной аттестации
				Лекции	Семинары	Практические занятия	Лабораторные работы	Контрольные работы	СРС	КП/КР		
1	Основные понятия и задачи цифровой обработки сигналов	2	1-2	2		2	2		10		3/50	
2	Дискретные системы	2	3-8	6		6	6		16		9/50	1 р-к
3	Синтез цифровых фильтров	2	9-14	6		6	6		16		9/50	2 р-к
4.	Цифровая обработка изображений	2	15-18	4		4	4		12		6/50	3 р-к
Всего				18		18	18		54		27/50	3 р-к, экзамен.

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

При проведении занятий по дисциплине «Методы и алгоритмы обработки сигналов и изображений» предполагается использовать следующие образовательные технологии: при проведении лекционных и практических занятий использование мультимедийных технологий, основанных на презентациях в среде Power Point, использование демоверсий пакетов прикладных программ.

Чтение лекций проводится в аудитории, оборудованной компьютером, и мультимедиа-проектором. Лекции в необходимом объеме сопровождаются демонстрацией слайдов, которые выдаются студентам в электронном формате PDF и доступны при подготовке к экзамену. При чтении лекций по большинству тем используются демонстрационные программы, составленные в среде MATLAB.

Лабораторные работы проводятся в аудитории, оснащенной персональным компьютером, измерительными приборами и средствами разработки программ для сигнальных процессоров.

При проведении практических и лабораторных занятий комбинирование различных по сложности заданий, предполагающих как решение типовых задач, так и задач по индивидуальным заданиям, требующих самостоятельного решения, интерактивное обсуждение результатов по индивидуальным заданиям. При подготовке к выполнению индивидуальных заданий студенты изучают литературу по соответствующей проблемной области, проводят поиск необходимых источников в Интернете.

6.ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Текущий контроль успеваемости и качества подготовки студентов проводится с учетом посещения всех видов занятий, выполнения заданий во время практических и лабораторных занятий, заданий для самостоятельной работы.

Промежуточная аттестация по данной дисциплине проводится в виде экзамена

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

1) Найдите реакцию системы на единичный ступенчатый сигнал, если ее импульсная характеристика равна $h_n = a^{-n}u_{-n}$, $0 < a < 1$.

2) Найдите комплексную частотную характеристику системы у которой входной и выходной сигналы связаны разностным уравнением:

$$y_n - \frac{1}{2}y_{n-1} = x_n + 2x_{n-1} + x_{n-2}.$$

3) Запишите разностное уравнение, характеризующее систему с КЧХ

$$H(e^{j\omega}) = \frac{1 - \frac{1}{2}e^{-j\omega} + e^{-j3\omega}}{1 + \frac{1}{2}e^{-j\omega} + \frac{3}{4}e^{-j2\omega}}.$$

4) Дана система, КЧХ которой описывается выражением

$$H(e^{j\omega}) = \frac{1 - e^{-j2\omega}}{1 + \frac{1}{2}e^{-j4\omega}}, -\pi < \omega \leq \pi.$$

Найдите отклик системы на сигнал $x_n = \sin(\pi n/4)$.

5) Сигнал $x(t) = \sin(2\pi \cdot 100t)$ дискретизируется с шагом $T = 1/400$ с/ Что собой представляет сигнал x_n ?

6) Непрерывный сигнал $x(t) = \cos 4000\pi t$ дискретизируется с шагом T , в результате чего получается последовательность $x_n = \cos(\pi n/3)$. Определите значение T , согласованное с условиями задачи; единственное ли оно?

7) Пусть характеристическая функция равна

$$H(e^{j\omega}) = \frac{j\omega}{T}, T = 1/10 \text{ с}.$$

Найдите реакцию y_c системы на сигнал: $x_c = \cos 6\pi t$. Можно ли считать, что отклик является откликом дифференциатора?

8) Рассмотрим фильтр нижних частот с частотой среза $\omega_c = \pi/8$ рад/с. Пусть сигнал $x(t)$ ограничен по частоте значением 5 кГц. Каково максимальное значение T , при котором не происходит наложение спектров?

9) Дана передаточная функция непрерывной системы:

$$H(s) = \frac{s + a}{(s + a)^2 + b^2}.$$

Методом инвариантной импульсной характеристики вычислите передаточную функцию дискретной системы. Решите ту же задачу, опираясь на метод инвариантной переходной характеристики.

10) Дана передаточная функция, полученная методом инвариантной ИХ:

$$H(z) = \frac{2}{1 - e^{-0,2}z^{-1}} - \frac{1}{1 - e^{-0,4}z^{-1}}.$$

Найдите передаточную функцию соответствующего непрерывного фильтра.

11) Спроектируйте дискретный фильтр Чебышева со следующими характеристиками: $\hat{f}_n = 0,1$; $\hat{f}_z = 0,2$; $a_n = 0,5$ дБ; $a_z = 60$ дБ.

12) Дано разностное уравнение.

$$y_n = \frac{1}{4}y_{n-2} = x_{n-2} - \frac{1}{4}x_n$$

Покажите сигнальный потоковый граф в прямой форме II.

13) Дана линейная дискретная система с передаточной функцией

$$H(z) = \frac{(1 - 2z^{-1})(1 - 4z^{-1})}{z(1 - \frac{1}{2}z^{-1})},$$

нарисуйте прямую форму потокового графа системы; изобразите транспонированную форму того же графа.

14) Нарисуйте сигнальный потоковый граф в прямой форме I, реализующий систему с характеристической функцией

$$H(z) = \frac{1 - \frac{1}{2}z^{-2}}{1 - \frac{1}{4}z^{-1} - \frac{1}{8}z^{-2}}.$$

15) Спроектируйте на основе окон КИХ-фильтр нижних частот, обладающий следующими свойствами:

$$\begin{aligned} 0,95 < H(e^{j\omega}) < 1,05 & \quad 0 \leq |\omega| \leq 0,25\pi \\ -0,1 < H(e^{j\omega}) < 0,05 & \quad 0,35 \leq |\omega| \leq \pi. \end{aligned}$$

16) Решите ту же задачу с использованием окна Кайзера.

17) Решите ту же задачу, используя оптимальный по Чебышеву синтез.

18) Квадрат АЧХ фильтра Баттерворта равен:

$$|H(j\Omega)|^2 = \frac{1}{1 + (\Omega/\Omega_c)^{2N}}.$$

Выполните синтез такого фильтра со следующими требованиями

$$\begin{aligned} 0,89125 \leq H(e^{j\omega}) & \quad 0 \leq |\omega| \leq 0,2\pi \\ |H(e^{j\omega})| < 0,17783 & \quad 0,3 \leq |\omega| \leq \pi. \end{aligned}$$

19) Рассматривается детерминированная система с характеристической функцией

$$H(z) = 1 - \frac{1}{3}z^{-1} + \frac{1}{6}z^{-2} + z^{-3},$$

начертите сигнальный потоковый граф прямой формы реализации этой системы, нарисуйте сигнальный потоковый граф транспонированной формы системы, эквивалентный предыдущему.

20) Для каждого из четырех типов КИХ-фильтров выясните, накладывает ли какое-либо органическое его тип на значение КЧХ в $\omega = 0$ и $\omega = \pi$?

21) является ли система с передаточной функцией вида

$$G(z) = \frac{1 + z^{-n}}{1 - z^{-1}}$$

фильтром с конечной импульсной характеристикой?

22) Найдите Фурье-изображение последовательности $x_n = a^n u_n$.

23) Решите ту же задачу на основе конечно последовательностью длительною 6 дискретных отсчетов.

24) Дана конечные последовательности:

$$x_n = \cos \frac{\pi n}{2}, 0 \leq n \leq 3,$$

$$h_n = 2^n, 0 \leq n \leq 3,$$

вычислите четырехточечное БПФ X_k, H_k ; вычислите круговую свертку этих последовательностей.

25) Покажите, что для любой N -точечной последовательности выполняется равенство:

$$x[(-n)_N] = x[(N - n)_N].$$

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЕ ВОПРОСЫ

1. Актуальность и техническая обоснованность применения технологий ЦОС в области проектирования ИИиУС, их преимущества и недостатки.

2. Классификация задач цифровой обработки сигналов и изображений в практике проектирования ИИиУС.

3. Классификация сигналов.

4. Дискретный сигнал как решетчатая функция времени.

5. Непрерывное и дискретное преобразование Фурье; спектр дискретного сигнала.

6. Z-преобразование; передаточная функция дискретной системы; разностное уравнение, как алгоритм дискретной системы.

7. Временные характеристики линейной дискретной системы и их связь с передаточной функцией.

8. Частотные характеристики линейной дискретной системы и их связь с передаточной функцией.

9. Устойчивость линейных дискретных систем.

10. Теорема Котельникова о квантовании; преобразование спектра сигнала при квантовании по времени.

11. АЦП преобразователи поразрядного уравнивания.

12. АЦП сигма-дельта преобразования.

13. Линеаризованная модель аналого-цифрового преобразователя.

14. Прямая структура рекурсивного фильтра.

15. Каноническая структура рекурсивного фильтра.

16. Основные свойства рекурсивных фильтров.

17. Аналоговые прототипы рекурсивных фильтров. Аппроксимация Баттерворта.

18. Аналоговые прототипы рекурсивных фильтров. Аппроксимация Чебышева 1-го рода.

19. Аналоговые прототипы рекурсивных фильтров. Аппроксимация Чебышева 2-го рода.

20. Аналоговые прототипы рекурсивных фильтров. Эллиптическая аппроксимация.

21. Синтез рекурсивных фильтров методом инвариантной импульсной характеристики.

22. Синтез рекурсивных фильтров методом билинейного z-преобразования. Преобразование частотных характеристик.

23. Преобразование фильтра нижних частот в другие виды фильтров.;

24. Структуры нерекурсивных фильтров, ограничения, обусловленные структурой фильтра.

25. Основные свойства нерекурсивных фильтров.

26. Синтез нерекурсивных фильтров на основе оконных функций.

27. Алгоритм настройки фильтра на основе окна Кайзера.

28. Синтез оптимального по Чебышеву нерекурсивного фильтра путем минимаксной аппроксимации.
29. Типовые задачи ЦФ. Усреднение по времени и по множеству реализаций (когерентное усреднение).
30. Типовые задачи ЦФ. Подавление постоянной или периодической составляющей
31. Типовые задачи ЦФ. Измерение среднеквадратического значения сигнала.
32. Типовые задачи ЦФ. Подавление внеполосного сигнала.
33. Типовые задачи ЦФ. Цифровой ПИ-регулятор.
34. Спектральный анализ на основе дискретного преобразования Фурье конечной последовательности.
35. Повышение точности спектрального анализа на основе ДПФ.
36. Алгоритм БПФ с прореживанием по времени.
37. Алгоритм БПФ с прореживанием по частоте.
38. Многоскоростные системы обработки сигналов. Способы прореживания по времени и примеры применения.
39. Многоскоростные системы обработки сигналов. Интерполяция. Фильтры Фарроу.
40. Фильтры, оптимальные с точки зрения среднеквадратического отклонения (по Винеру).
41. Фильтры, оптимальные с точки зрения отношения сигнал/шум (согласованные).
42. Изображение, как двумерный сигнал; обобщение теории цифровых фильтров для случая двумерных сигналов.
43. Линеаризованная модель квантования сигнала в операционных узлах цифрового фильтра.
44. Разбиение на звенья второго порядка и группировка нулей и полюсов по правилу Джексона.
45. Масштабирование коэффициентов передаточных функций и сигнала.
46. Компенсация систематических ошибок округления.
47. Программистская модель сигнального процессора ADSP-BF506.
48. Операции поддержки обработки сигналов в системе команд процессора ADSP-BF506.
49. Реализация нерекурсивной системы на основе процессора ADSP-BF506.
50. Прямая реализация рекурсивного звена на основе процессора ADSP-BF506.
51. Каноническая реализация рекурсивного звена на основе процессора ADSP-BF506.
52. Реализация алгоритма быстрого преобразования Фурье на основе процессора ADSP-BF506.
53. Тенденции развития цифровой обработки сигналов и изображений.

КОНТРОЛЬНЫЕ УЧЕБНЫЕ ЗАДАНИЯ

ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ РЕЙТИНГ-КОНТРОЛЯ № 1 (образец заданий)

1. В чем отличия аналоговых и дискретных сигналов?
2. Перечислите основные преимущества и недостатки ЦОС
3. Опишите источники ошибок АЦП
4. Для чего используется представление сигналов в частотной области?
5. Приведите формулы для вычисления коэффициентов ряда Фурье
6. Приведите формулы для дискретного и непрерывного преобразования Фурье
7. В чем заключаются основные особенности линейных систем?

**КОНТРОЛЬНЫЕ УЧЕБНЫЕ ЗАДАНИЯ
ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ РЕЙТИНГ-КОНТРОЛЯ № 2 (образец заданий)**

1. Как вычислить реакцию системы на сигнал, зная ее импульсную характеристику?
2. Приведите примеры систем, описываемых линейными рекуррентными уравнениями
3. Что такое комплексная частотная характеристика системы
4. Как вычислить КЧХ системы по ее импульсной характеристике
5. Что такое Z-преобразование?
6. Как связаны характеристики системы с областью сходимости Z-преобразования
7. Опишите основные методы вычисления обратного Z-преобразования

**КОНТРОЛЬНЫЕ УЧЕБНЫЕ ЗАДАНИЯ
ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ РЕЙТИНГ-КОНТРОЛЯ № 3 (образец заданий)**

1. В чем состоят основные преимущества и недостатки аналоговых и цифровых фильтров?
2. Перечислите основные этапы разработки цифрового фильтра
3. Приведите пример задания на проектирование цифрового фильтра
4. Перечислите основные преимущества и недостатки КИХ-фильтров
5. Перечислите основные преимущества и недостатки БИХ-фильтров
6. Какими параметрами описывается качество цифровых изображений
7. В чем состоят основные различия растровых и векторных изображений?

**7.УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
ДИСЦИПЛИНЫ**

а) основная литература

1. Цифровая обработка сигналов [Электронный ресурс] / Оппенгейм А., Шафер Р. - Издание 3-е, исправленное. - М. : Техносфера, 2012. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785948363295.html>
2. Цифровая обработка изображений [Электронный ресурс] / Гонсалес Р., Вудс Р. - Издание 3-е, исправленное и дополненное. - М. : Техносфера, 2012. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785948363318.html>
3. Цифровая обработка сигналов. Практическое руководство для инженеров и научных работников [Электронный ресурс] / Стивен Смит; пер. с англ. А.Ю. Линовича, С.В. Витязева, И.С. Гусинского - М. : ДМК Пресс, 2011. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785941201457.html>
4. Цифровая обработка сигналов [Электронный ресурс] / В.И. Гадзиковский - М. : СОЛОН-ПРЕСС, 2015. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785913591173.html>

б) дополнительная литература

1. Васильев В. П., Основы теории и расчета цифровых фильтров. — М.: Издательский центр «Академия».
2. Сергиенко А. Б., Цифровая обработка сигналов: Учеб. для вузов — СПб.: Питер.
3. Галас В.П. Исследование преобразователей аналоговых и цифровых сигналов. Владимир. ВлГУ. Режим доступа: <http://e.lib.vlsu.ru/handle/123456789/2614>
4. Левин Е.К. Исследование алгоритмов обработки сигналов в системе Matlab: методические указания к лабораторным работам. Владимир. ВлГУ. Режим доступа: <http://e.lib.vlsu.ru/handle/123456789/3046>

5. Цифровая обработка сигналов в LabVIEW [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Федосов В. П., Нестеренко А. К. - М. : ДМК Пресс, 2009. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN5940743420.html>
6. Новейшие методы обработки изображений [Электронный ресурс] / А.А. Потапов, Ю.В. Гуляев, С.А. Никитов, А.А. Пахомов, В.А. Герман - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2008. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785922108416.html>
7. Сжатие цифровых изображений [Электронный ресурс] / О.О. Евсютин, А.А. Шелупанов, С.К. Росошек, Р.В. Мещеряков - М. : Горячая линия - Телеком, 2013. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785991203579.html>

в) периодические издания:

1. Журнал «Цифровая обработка сигналов», 2011–2015

г) Интернет-ресурсы

1. Образовательный математический сайт www.exponenta.ru

8.МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Практические занятия проводятся в аудитории, обеспеченной мультимедийной аппаратурой, позволяющей использовать различные варианты демонстрации изучаемого материала.

Студенты имеют возможность доступа к локальной сети кафедры и сети университета.

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению «**Управление в технических системах**»

Рабочую программу составил:



А.В.Шутов

к.ф.-м.н., доцент

Рецензент

Начальник лаборатории
ЗАО «Автоматика плюс» к.т.н.



В.М.Дерябин

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры УИТЭС

Протокол № _____ от _____ года

Заведующий кафедрой

А.Б.Градусов

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической комиссии направления «**Управление в технических системах**»

Протокол № _____ от _____ года

Председатель комиссии

А.Б.Градусов