

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Тверской государственный технический университет»  
(ТвГТУ)

**В.Г. Васильев**

**Прикладные задачи  
спектрального анализа сигналов**

*Учебное пособие*

Тверь 2015

УДК 681.51.012:621.372.5:681.3.01 (075.8)  
ББК 32.965:22.19я7

Рецензенты: профессор кафедры «Вычислительные машины, комплексы, системы и сети» ТвГТУ доктор технических наук Веселов А.А.; доцент кафедры математического анализа ТвГУ кандидат физико-математических наук Куженькин С.Н.

Васильев, В.Г. Прикладные задачи спектрального анализа сигналов: учеб. пособие / В.Г. Васильев. Тверь: Тверской государственный технический университет, 2015. 172 с.

Излагаются основы математической теории спектрального анализа сигналов и ее применение в задачах фильтрации сигналов, анализа, синтеза систем автоматического управления, компьютерной томографии и при цифровой обработке изображений.

Предназначено для студентов специальностей 220400 Управление в технических системах, 201000 Биотехнические системы и технологии.

ISBN 978-5-7995-0783-1

© Тверской государственный  
технический университет, 2015  
© Васильев В.Г., 2015

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
<b>1. МАТЕМАТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ТЕОРИИ.....</b>	<b>4</b>
1.1. Частотный анализ периодических сигналов.....	4
1.2. Частотный анализ аperiodических сигналов.....	21
1.3. Основные свойства преобразования Фурье (теоремы о спектрах)...	29
1.4. Частотный анализ дискретных (цифровых) сигналов.....	37
Библиографический список.....	42
<b>2. МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРАКТИЧЕСКОГО СПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛИЗА.....</b>	<b>43</b>
2.1. Численный анализ тестового периодического сигнала.....	43
2.2. Проблемы спектрального анализа и методы их решения.....	49
2.3. Вычисление спектров сигналов в среде LabVIEW.....	54
Библиографический список.....	59
<b>3. ЧАСТОТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЛИНЕЙНЫХ СИСТЕМ.....</b>	<b>60</b>
3.1. Основные свойства линейных систем и формы их математического описания.....	60
3.2. Частотная передаточная функция.....	63
3.3. Полоса частот пропускания системы.....	71
3.4. Графические формы представления частотных характеристик.....	72
3.5. Основные типы фильтров и методы их реализации.....	75
Библиографический список.....	90
<b>4. ЧАСТОТНЫЕ МЕТОДЫ В ЗАДАЧАХ АНАЛИЗА И СИНТЕЗА СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ.....</b>	<b>91</b>
4.1. Частотные характеристики типовых сигналов, применяемых в анализе и синтезе систем автоматического управления.....	91
4.2. Взаимосвязь временных и частотных характеристик систем автоматического управления.....	98
4.3. Частотные характеристики регулирующих систем автоматического управления.....	104
4.4. Частотные критерии устойчивости регулирующих систем управления.....	114
4.5. Интегральные оценки качества систем автоматического управления. Параметрическая оптимизация систем управления...	122
Библиографический список.....	127
<b>5. МЕТОД ФУРЬЕ В КОМПЬЮТЕРНОЙ ТОМОГРАФИИ.....</b>	<b>128</b>
5.1. Введение в томографический метод.....	128
5.2. Получение проекционных данных.....	128
5.3. Теоретические основы метода рентгеновской компьютерной томографии.....	130
5.4. Преобразование Радона. Радоновский образ функции.....	132
5.5. Теорема о центральном сечении. Связь преобразования Радона и преобразования Фурье.....	136
5.6. Алгоритм свертки и обратного проецирования.....	138
5.7. Фильтрация проекционных данных.....	142
5.8. Практическая реализация алгоритма свертки и обратного проецирования.....	147
Библиографический список.....	150
<b>6. ОБРАБОТКА ЦИФРОВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ.....</b>	<b>151</b>
6.1. Два основных подхода к обработке изображений.....	151

6.2.	Операции с изображениями с применением преобразования Фурье.....	<b>154</b>
6.3.	Фильтрация изображений.....	<b>157</b>
6.4.	Обработки изображений методом Retinex.....	<b>163</b>
6.5.	Обработка изображений методом Эндрюса.....	<b>166</b>
6.6.	Распознавание образов на изображениях методом сравнения с эталоном.....	<b>169</b>
	Библиографический список.....	<b>170</b>