

УДК 621.39

ББК 32.88

K12

Рецензенты: академик Российской Академии наук, профессор, директор института «Радиотехники и электроники» Российской Академии наук *Ю. В. Гуляев*; академик Российской Академии наук, профессор, заведующий кафедрой Московского физико-технического института (МФТИ) *А. С. Бугаев*; доктор физ.-мат. наук, профессор, главный научный сотрудник института «Радиотехники и электроники» Российской Академии наук *Е. И. Нефёдов*

Каганов В. И.

K12 Колебания и волны в природе и технике. Компьютеризированный курс: Учебное пособие для вузов. – 2-е изд., стереотип. – М.: Горячая линия – Телеком, 2015. – 333.: ил.

ISBN 978-5-9912-0534-4.

Изложены основы теории колебаний и волн различной физической природы в механических, электронных, биологических, химических системах и планетарного вида. Анализируются линейные, нелинейные, параметрические, случайные и хаотические колебания в разнообразных объектах. Исследуется прохождение электромагнитных волн в структурах распределенного типа и их распространение в свободном пространстве. Анализируются поверхностные, внутренние, уединенные, акустические и ударные волны в сплошных средах – жидкостях и газах. Рассматриваются волны природного характера, связанные с землетрясениями, цунами и циклонами. Приведено 76 программ на основе универсального математического пакета программ «MathCAD» по большинству разделов дисциплины, позволяющие с помощью компьютера анализировать и рассчитывать колебательные и волновые процессы в различных системах и средах, в том числе с использованием вейвлет-анализа.

Для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальностям направления «Радиотехника», и аспирантов.

ББК 32.88

Адрес издательства в Интернет WWW.TECHBOOK.RU

Каганов Вильям Ильич
Колебания и волны в природе и технике
Компьютеризированный курс
Учебное пособие

Все права защищены.

Любая часть этого издания не может быть воспроизведена в какой бы то ни было форме и какими бы то ни было средствами без письменного разрешения правообладателя

© ООО «Научно-техническое издательство «Горячая линия – Телеком»

www.techbook.ru

© В. И. Каганов

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
Введение	5
Глава 1. Исходные положения теории колебаний	13
1.1. Примеры колебаний и волн в природе и технике	13
1.2. Классификация колебаний	17
1.3. Общий математический подход к колебательным процес- сам	20
1.4. Спектральный Фурье-анализ колебаний	27
1.5. Устойчивость линейной системы	40
1.6. Фазовая плоскость	41
1.7. Синхронизация колебаний	46
1.8. Энергетический подход к исследованию колебаний	47
<i>Контрольные вопросы</i>	52
Глава 2. Две базовые колебательные модели	53
2.1. Колебательная модель второго порядка	53
2.2. Колебательный контур последовательного и параллель- ного типа	54
2.3. Вынужденные колебания в контуре	62
2.4. Свободные колебания маятника	67
2.5. Вынужденные колебания маятника	73
<i>Контрольные вопросы</i>	75
Глава 3. Колебания при вращении твердых тел	76
3.1. Модель с двумя видами движения	76
3.2. Движение твердого тела вокруг неподвижной точки	79
3.3. Взаимодействие двух тел в поле тяготения	86
3.4. Взаимодействие трех тел в поле тяготения	93
<i>Контрольные вопросы</i>	99
Глава 4. Колебания в технических объектах	100
4.1. Колебания корабля под действием морских волн	100
4.2. Колебания, разрушающие самолет	106
4.3. Колебания центробежного регулятора	110
<i>Контрольные вопросы</i>	115

Глава 5. Колебания и автоколебания в электронных устройствах	116
5.1. Определение автоколебаний	116
5.2. Электронный автогенератор высокочастотных колебаний	118
5.3. Синхронизация автогенератора внешним сигналом	124
5.4. Взаимная синхронизация автогенераторов	127
5.5. Фазовая синхронизация колебаний	130
5.6. Колебания в контуре с нелинейной индуктивностью	134
5.7. Колебания в контуре с нелинейной емкостью	139
5.8. Генерация релаксационных колебаний	142
5.9. Движение электрона в электрическом и магнитном полях	143
<i>Контрольные вопросы</i>	145
Глава 6. Автоколебания в биологических и химических системах	147
6.1. Механизм автоколебаний в биологических и химических системах	147
6.2. Автоколебания в мире животных	149
6.3. Автоколебательный химический процесс	152
6.4. Автоколебательный процесс энергообеспечения живой клетки	157
6.5. Автоколебательный процесс при кросскатализе	158
6.6. Моделирование аритмии сердца	160
<i>Контрольные вопросы</i>	164
Глава 7. Параметрические колебания	165
7.1. Уравнения системы с переменными параметрами	165
7.2. Маятник с переменными параметрами	166
7.3. Электрический контур с переменными параметрами	168
7.4. Параметрический делитель частоты	173
<i>Контрольные вопросы</i>	174
Глава 8. Случайные колебания	175
8.1. Стационарный (гауссовский) случайный процесс	175
8.2. Функция корреляции и энергетический спектр	178
8.3. Воздействие случайного колебания на колебательную систему	184
<i>Контрольные вопросы</i>	189
Глава 9. Хаотические колебания	190
9.1. Режим хаоса в колебательных системах	190
9.2. Тепловая конвекция в слое жидкости	193
9.3. Хаос при размножении колебаний	196

<i>Контрольные вопросы</i>	201
Глава 10. Вейвлет-анализ колебаний	202
10.1. Особенности Фурье-преобразования	202
10.2. Основные черты вейвлет-преобразования	203
10.3. Непрерывное вейвлет-преобразование с вейвлетом «мар- лет»	209
10.4. Анализ колебаний, излученных геологическим радаром ..	212
10.5. Анализ электрокардиограммы	214
<i>Контрольные вопросы</i>	216
Глава 11. Анализ волновых процессов	217
11.1. Математические модели волновых процессов	217
11.2. Конечно-разностный метод решения дифференциальных уравнений с частными производными	222
<i>Контрольные вопросы</i>	228
Глава 12. Волны в структурах распределенного типа ...	229
12.1. Волны в линейной бездисперсионной среде	229
12.2. Волны в линейной дисперсионной среде	234
12.3. Волны в активной среде	241
12.4. Волны в нелинейной среде	245
12.5. Волна-импульс в нелинейной среде	249
<i>Контрольные вопросы</i>	252
Глава 13. Волны в сплошных средах	254
13.1. Характеристика сплошной среды	254
13.2. Поверхностные волны в жидкости	256
13.3. Уединенная волна	263
13.4. Акустические волны	267
13.5. Внутренние волны	276
13.6. Ударные волны	278
<i>Контрольные вопросы</i>	285
Глава 14. Электромагнитные волны	287
14.1. Уравнения электромагнитной волны	287
14.2. Плоская электромагнитная волна	291
14.3. Излучение электромагнитных волн	293
14.4. Распространение радиоволн	296
14.5. Дифракция	300
<i>Контрольные вопросы</i>	305
Глава 15. Волны, несущие разрушения	306
15.1. Волны в природе	306
15.2. Сейсмические волны при землетрясениях	307

15.3. Океанические волны цунами.....	309
15.4. Тропический циклон как глобальная колебательная система	312
<i>Контрольные вопросы</i>	320
Приложения	321
Литература	325