

## Предисловие к пятому изданию

Пятое издание книги существенно переработано по сравнению с 4-м изданием. Внесен ряд исправлений и добавлений, а также исключено несколько глав и приложений. Таким образом, материал обновлен и содержит 33 главы.

Автор выражает искреннюю благодарность своему аспиранту А.А. Кичигину за внимательный просмотр книги, канд. техн. наук В.Н. Жураковскому за приложение 7 о практическом использовании фильтра Калмана, а также канд. техн. наук Ю.Н. Чернышову за редактирование и компьютерную верстку.

## Введение

Теорию случайных процессов создавали фундаментальные работы А.Н. Колмогорова, А.Я. Хинчина, Н. Винера, Д. Дуба и др. История развития методов статистической радиотехники в России немыслима без приоритетных работ П.И. Кузнецова, Р.Л. Стратоновича, В.И. Тихонова, которые к тому же были переведены на английский язык\*. Книги В.И. Бунимовича (1951), В.В. Солодовникова (1952, 1960), Б.Р. Левина (1957, 1966, 1968), В.Л. Лебедева (1958), Р.Л. Стратоновича (1961), В.И. Тихонова (1966, 1982), А.А. Свешникова (1968), С.М. Рытова (1976, 1978) и др. создали мощный научный плацдарм для ученых-радиофизиков России.

Данное пособие относится к другому классу книг, а именно дополняет библиотеку учебно-методических пособий, предназначенных для студентов старших курсов и аспирантов.

Первую часть книги «Основные понятия теории вероятности» можно рассматривать как введение к основному материалу, так как здесь представлены характеристики одномерных и многомерных случайных величин, которые в дальнейшем выступают как сечения случайных процессов.

Во второй части книги «Анализ случайных процессов» дается определение случайных процессов и классификация их по различным признакам (непрерывный, дискретный, стационарный, эргоди-

---

\* Kuznetsov P.I., Stratonovich R.L., Tikhonov V.I. Non-linear transformations of stochastic process. N.Y.: Pergamon Press, 1965. 498 pp.

ческий, пуассоновский, гауссовский, марковский, винеровский, белый шум (БШ) и т. д.). Приводятся основные характеристики случайных процессов. Рассматриваются примеры и приводятся задачи, решение которых весьма важно для дальнейшего изучения материала.

В этой части доказываются теоремы Винера–Хинчина и Уолда для непрерывных и дискретных случайных процессов. Следует особо отметить, что в книге рассматриваются параллельно как непрерывные случайные процессы и линейные системы, так и их дискретные версии. Здесь же вводится понятие энергетического спектра (ЭС) непрерывного и дискретного случайного процесса (СП) и впервые вводятся преобразование области интегрирования (суммирование) — прием, который часто используется в дальнейшем.

Далее в следующих главах подробно рассматриваются используемые на практике непрерывные и дискретные СП: гауссовские, марковские процессы, марковские цепи, пуассоновские и импульсные случайные процессы. Рассматривается много примеров и по каждой теме дается перечень задач, вскрывающих специфику процессов. Особенно это относится к марковским процессам и цепям.

Дается определение ортогонального разложения Карунена–Лоэва для непрерывных и дискретных СП, приводятся примеры разложений. Рассматриваются свойства периодограммы стационарного СП.

Третья часть книги посвящена линейным преобразованиям случайных процессов. Анализируются как стационарные, так и нестационарные режимы. Вводится понятие системной корреляционной функции (СКФ) не только для непрерывных, но и для дискретных систем. Переходной процесс рассматривается на выходе интегрирующей цепи (ИЦ) (апериодического звена) при коррелированном шуме на входе, а также напряжения на параллельном колебательном контуре. Приводятся интегральные характеристики случайных процессов (время корреляции, эффективная ширина энергетического спектра) и линейных систем (шумовая полоса, СКФ).

Четвертая часть книги посвящена оптимальной фильтрации случайных сигналов и шумов. Представлены три типа фильтров: один из них оптимизирован по критерию максимума отношения сигнал/шум (ОСШ) на выходе (в частном случае в виде согласованного фильтра), два других — фильтры Винера и Калмана — функционируют по критерию минимума среднего квадрата ошибки. Синтез последних осуществляется на основе уравнения Винера–Хопфа, вывод которого основан на принципе ортогональности. Исследуются непрерывные и дискретные (цифровые) версии оптимальных фильтров. Приводится большое число примеров, поясняющих действие и

эффективность фильтров. В каждом случае рассматриваются ошибка фильтрации и влияние на нее параметров системы. Фильтры Калмана и Винера сравниваются между собой в стационарном режиме. Представлены скалярные и многомерные процессы и системы.

В приложениях даются дополнительные сведения, не вошедшие в текст лекций, но которые призваны помочь освоить их материал.

Особенностью данной книги является решение примеров, как правило, без привлечения справочной литературы, на основе лишь сведений, содержащихся в тексте книги и приложениях.

При изложении материала лекций автор в первую очередь опирался на труды своего учителя Василия Ивановича Тихонова [1–6] и по-прежнему считает идеальным изложение подобного материала в книгах В.Б. Давенпорта и В.Л. Рута [7], А. Папулиса [8] и К. Хеллstroma [16].

После выхода второго издания книги при участии автора подготовлен пятитомник «Случайные процессы. Примеры и задачи» [9–13], что существенно дополнило задачи, предлагаемые в данном пособии.