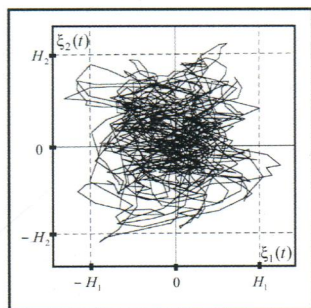


ФИЗИКИ И ТЕХНИКИ

В.И. ХИМЕНКО

Выбросы
случайных
процессов
и проблема
пересечений
уровней



ТЕХНОСФЕРА



МИР физики и техники

В.И. Хименко

Выбросы случайных
процессов и проблема
пересечений уровней

ТЕХНОСФЕРА
Москва
2022

УДК 519.21: 537.86

ББК 22.17

Х46

Рецензенты:

- *Санкт-Петербургский институт информатики и автоматизации РАН*
Р.М. Юсупов, член-корр. РАН, доктор техн. наук, профессор,
Заслуженный деятель науки и техники РФ;
- *Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана*
Б.И. Шахтарин, доктор техн. наук, профессор, Заслуженный деятель
науки и техники РФ;
- *Международный центр по окружающей среде и дистанционному
зондированию имени Хансена («Хансен-центр»)*
В.В. Мелентьев, доктор физ.-мат. наук, профессор;
Д.В. Поздняков, доктор физ.-мат. наук, профессор.

Х46 Хименко В.И.

Выбросы случайных процессов и проблема пересечений уровней
Москва: ТЕХНОСФЕРА, 2022. – 582 с., ISBN 978-5-94836-658-6

Характеристики выбросов, пересечения заданных уровней, экстремальные значения случайных процессов – это класс характеристик, позволяющих описывать структуру и вероятностное поведение случайных функций. По своему содержанию такие характеристики относятся к направлению междисциплинарных исследований. Необходимость их изучения связана с решением многочисленных задач из различных областей физики, техники и естествознания.

Содержание данной работы отражает современное состояние исследований в области прикладной теории выбросов и общей проблемы «пересечений уровней». Здесь делается попытка систематизации, обобщения и развития основных результатов, попытка рассмотрения проблематики превышений заданных уровней «в целом» для наиболее распространенных классов случайных функций. Представлено большое количество новых результатов. Это относится к анализу вероятностной структуры временных рядов, непрерывных случайных процессов, случайных потоков событий и случайных пространственно-временных полей. Показаны возможности общей классификации прикладных задач и особенности их решения на основе использования характеристик пересечений уровней.

Для широкого круга специалистов, аспирантов и студентов, для тех, кто изучает, исследует, и применяет на практике модели и методы анализа различных по своей физической природе случайных данных.

УДК 519.21: 537.86

ББК 22.17

© Хименко В.И., 2022

© АО «РИЦ «ТЕХНОСФЕРА», оригинал-макет, оформление, 2022

ISBN 978-5-94836-658-6

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие..... 8

Введение. Выбросы траекторий случайных процессов
и общая проблема «пересечений уровней» 11
Литература к введению 22

ГЛАВА 1.

**СЛУЧАЙНЫЕ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ,
ПРОЦЕССЫ И ПОЛЯ**..... 24

1.1. Определение и классификация случайных функций 24
1.2. Случайные последовательности и временные ряды 29
1.3. Случайные непрерывные процессы 40
1.4. Случайные потоки событий и точечные процессы 54
1.5. Случайные поля и изображения 64
Заключение 74

ГЛАВА 2.

ВЫБРОСЫ СЛУЧАЙНЫХ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЕЙ 77

2.1. Выбросы, превышения уровней, экстремальные значения 77
2.2. Вероятностные модели случайных последовательностей..... 81
2.3. Характеристики превышений заданных уровней 99
2.4. Случайные последовательности в случайных средах 112
2.5. Точечные процессы превышений уровней 119
2.6. Характеристики экстремальных значений 129
2.7. Вероятностная структура векторных последовательностей 146
2.8. Вероятностные зависимости, диаграммы рассеяния
и парные сравнения 153
2.9. Дополнительные результаты 164
Заключение 169

ГЛАВА 3.

ВЫБРОСЫ НЕПРЕРЫВНЫХ СЛУЧАЙНЫХ ПРОЦЕССОВ..... 173

3.1. Особенности вероятностной структуры
непрерывных процессов..... 173
3.2. Непрерывность и дифференцируемость
случайных функций..... 176
3.3. Свойства производных случайного процесса..... 182
3.4. Выбросы, пересечения уровней и экстремальные
значения 190

3.5.	Выбросы случайных гауссовских процессов	193
3.6.	Пересечения заданных уровней негауссовскими процессами.....	200
3.7.	Случайные процессы, порожденные квазигармоническим колебанием.....	214
3.8.	Особенности модели «сигнал плюс шум».....	225
3.9.	Распределение числа пересечений уровня	235
3.10.	Экстремальные значения случайных процессов	249
3.11.	Распределение высоты абсолютного максимума	266
3.12.	Характеристики длительностей временных интервалов	276
3.13.	Фазовые траектории случайных процессов.....	291
3.14.	Вероятностная структура векторных процессов	311
3.15.	Выбросы случайных процессов в случайно-неоднородных средах	326
3.16.	Дополнительные результаты	345
	Заключение	356

ГЛАВА 4.

ВЫБРОСЫ СЛУЧАЙНЫХ ТОЧЕЧНЫХ ПРОЦЕССОВ..... 361

4.1.	Вероятностное описание случайных потоков событий	361
4.2.	Обобщения простых пуассоновских моделей	368
4.3.	Характеристики превышений заданных уровней	375
4.4.	Диаграммы рассеяния в анализе точечных процессов.....	383
4.5.	Случайные точечные процессы в случайных средах.....	392
4.6.	Дополнительные результаты	415
	Заключение	422

ГЛАВА 5.

ВЫБРОСЫ СЛУЧАЙНЫХ ПОЛЕЙ 425

5.1.	Вероятностная структура случайных точечных полей	425
5.2.	Случайные поля стохастической геометрии	437
5.3.	Вероятностная структура изображений.....	449
5.4.	Характеристики пересечений уровней в анализе изображений	470
5.5.	Дополнительные результаты	477
	Заключение	486

ГЛАВА 6.

ХАРАКТЕРИСТИКИ ВЫБРОСОВ

В РЕШЕНИИ ПРИКЛАДНЫХ ЗАДАЧ..... 489

6.1.	Прикладные задачи теории выбросов	489
6.2.	Особенности решения некоторых типовых задач	491
6.3.	Оценивание неизвестных параметров на основе статистики пересечений уровней.....	505

6.4. Знаковые функции непрерывных случайных процессов.....	516
6.5. Вероятностная структура оптических излучений в лазерных информационных системах.....	527
6.6. Вибрационные процессы и вибромониторинг.....	538
6.7. Случайные процессы со случайными переходами между устойчивыми состояниями	547
Заключение	565
Литература	566
Перечень основных вероятностных моделей	575
Предметный указатель	576