

**(ОЗНАКОМИТЕЛЬНЫЙ ФРАГМЕНТ)**

**БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

УДК 519.24

**АКИНФИНА МАРИНА АЛЕКСАНДРОВНА**

**ПРИМЕНЕНИЕ ПЕРИОДОГРАММНЫХ  
СТАТИСТИК ПРИ ОЦЕНИВАНИИ СПЕКТРОВ  
УСТОЙЧИВЫХ СЛУЧАЙНЫХ ПРОЦЕССОВ С  
ДИСКРЕТНЫМ ВРЕМЕНЕМ**

*01.01.05 – теория вероятностей и  
математическая статистика*

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации  
на соискание ученой степени  
кандидата физико-математических наук

Минск, 2003г.

**Работа выполнена в  
Белорусском государственном университете**

- Научный руководитель:** кандидат физико-математических наук,  
доцент  
Демеш Николай Николаевич  
*(Белорусский государственный университет,  
кафедра информационного и программно-  
математического обеспечения автоматизиро-  
ванных производств)*
- Официальные оппоненты:** доктор физико-математических наук,  
профессор  
Малинковский Юрий Владимирович  
*(Гомельский государственный университет  
им Ф. Скорины кафедра математического*

**Оппонирующая организация:** Нижегородский государственный  
университет им. Н.И. Лобачевского

Защита диссертации состоится 28 марта в 10<sup>00</sup> часов на заседа-  
нии совета по защите диссертации Д 02.01.07 в Белорусском государ-  
ственном университете (пр. Ф. Скорины, 4, 220050, г. Минск (главный  
корпус), ауд. 206, тел. учен. секретаря 226-55-41).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Белорусского  
государственного университета.

Автореферат разослан «21» февраля 2003г.

Ученый секретарь  
совета по защите диссертаций,  
доктор физико-математических наук,  
профессор

*И. И.*

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы диссертации.** В настоящее время проводятся интенсивные теоретические исследования по статистическому спектральному анализу временных рядов и возрастает его практическое применение в экономике, финансах, страховании, радиоэлектронике и многих других областях человеческой деятельности. Статистический спектральный анализ временных рядов трактуется, как правило, на основе теории стационарных случайных процессов, основы которой заложил Н. Винер. Дальнейшее свое развитие данная теория получила в работах Дж. Бендата, В. Булинского, Дж. Ваттса, У. Грсиандера, Г. Дженкинса, Дж. Дуба, А. И. Колмогорова, К. Крамера, Н. Н. Леоненко, А. Пирсола, Ю. А. Розанова, М. Розенблатта, Е. Слуцкого, Э. Хеннана, А. Хинчина, Я. М. Яглома и других.

Одним из основных направлений исследований временных рядов в последние годы является их непараметрический спектральный анализ. Среди непараметрических методов, благодаря алгоритму быстрого преобразования Фурье, разработанному в 1965 году Дж. Кули и Дж. Тьюки, предпочтение стало отдаваться периодограммным методам оценивания. Среди периодограммных методов построения оценок спектральных плотностей выделяют: метод Даниэлла – метод осреднения периодограмм по соседним частотам, метод Бартлетта – метод осреднения по множеству периодограмм, построенных по отрезкам наблюдений временного ряда, метод Уэлча – метод осреднения периодограмм, построенных по перекрывающимся отрезкам наблюдений временного ряда. Для получения состоятельных оценок спектральных плотностей используется метод сглаживания периодограмм спектральными окнами, предложенный М. Бартлеттом и П. Даниэллом. Эти оценки были исследованы в работах Т. Андерсона, Ф. Аттависимо, Р. Ю. Бенкуса, Д. Бриллинджера, И. Г. Журбенко, Дж. К. Картера, С. Л. Маршала-мл, А. Х. Наттола, Е. Парзена, М. В. Пристли, Р. Рудзкиса, М. Савино, А. Тротта и С. К. Юаня и других.

Впервые состоятельные оценки спектральных плотностей устойчивых стационарных процессов с непрерывным временем были построены и исследованы в работе Е. Масри и С. Камбаниса в 1983 году. Построение и изучение свойств состоятельных оценок спектральных плотностей для устойчивых стационарных процессов и полей с дискретным временем проводились в работах Е. Н. Орловой,

Р. Сабре, П. П. Труша и других.

Несмотря на то, что с 90-х годов проводились обширные исследования в области устойчивых процессов, о чем свидетельствуют работы Р. Адлера, А. Верона, Б. Гамбровского, И. Каратзаса, О. Н. Маслова, С. Рачева, Б. Рейпуга, Л. Рушендорфа, С. Резника, Яна Розинского Г. Самороднитского, К. Сато, М. Такки, Р. Фельдман и А. Яницкого, периодограммные методы Даниэлла, Бартлетта и Уэлча для устойчивых случайных процессов не были изучены. В большинстве же работ, касающихся исследования состоятельных оценок спектральных плотностей устойчивых случайных процессов, изучалось только асимптотическое поведение моментов данных статистик, но не рассматривалась скорость сходимости моментов.

Все вышесказанное определяет актуальность диссертационной работы, которая посвящена применению периодограммных методов для оценивания спектров комплекснозначных симметричных устойчивых стационарных случайных процессов с дискретным временем.

#### **Связь работы с крупными научными программами, темами.**

Диссертационная работа является составной частью госбюджетной НИР № госрегистрации 19963483 «Анализ устойчивых процессов и полей», выполняемой кафедрой информационного и программно-математического обеспечения автоматизированных производств, НИР № госрегистрации 20002206 «Асимптотические методы статистического спектрального анализа параметрических моделей устойчивых процессов», выполняемой кафедрой теории вероятностей и математической статистики факультета прикладной математики и информатики Белорусского государственного университета.

**Цель и задачи исследования.** Целью диссертационной работы является разработка и анализ периодограммных методов построения оценок спектров комплекснозначных симметричных устойчивых стационарных случайных процессов с дискретным временем.

Задачами исследования являются:

1. Построение методом осреднения периодограмм по соседним частотам и методом осреднения периодограмм по непересекающимся отрезкам наблюдений оценок спектральных плотностей комплекснозначных симметричных устойчивых стационарных случайных процессов с дискретным временем.
2. Статистический анализ периодограммных оценок спектральных плотностей комплекснозначных симметричных устойчивых стационарных случайных процессов с дискретным временем.
3. Построение с использованием спектральных окон и метода осреднения периодограмм по непересекающимся отрезкам наблюдений

состоятельных в смысле сходимости по вероятности оценок спектральных плотностей комплекснозначных симметричных устойчивых стационарных случайных процессов с дискретным временем.

4. Анализ эффективности использования построенных оценок в зависимости от длины устойчивых временных рядов.

**Объект и предмет исследования.** Объектом исследования являются комплекснозначные симметричные устойчивые стационарные случайные процессы с дискретным временем.

Предметом исследования являются статистические методы обработки наблюдений за рассматриваемыми устойчивыми случайными процессами.

**Методология и методы проведенного исследования.** Для построения оценок спектральных плотностей и исследования их моментов использовалась методика, основанная на применении периодограммных статистик. В работе применяются современные методы теории вероятностей и математической статистики, теории функций, теории тригонометрических рядов.

**Научная новизна и значимость полученных результатов.**

Все основные результаты диссертационной работы являются новыми и впервые опубликованы в работах диссертанта и совместных работах диссертанта и научного руководителя.

Дано дальнейшее развитие результатов Д. Бриллинджера, А. Г. Журбенко, С. Камбаниса, Е. Масри, С. Л. Марпла-мл и Н. Н. Труша, касающиеся построения и исследования периодограммных, состоятельных оценок спектральных плотностей устойчивых стационарных случайных процессов с дискретным временем.

Впервые применены метод осреднения периодограмм по соседним частотам и метод осреднения периодограмм по непересекающимся отрезкам наблюдений к построению оценок спектральных плотностей комплекснозначных симметричных устойчивых стационарных случайных процессов с дискретным временем. Исследованы статистические свойства полученных оценок.

С помощью спектральных окон и метода осреднения периодограмм по непересекающимся отрезкам наблюдений впервые построены состоятельные в смысле сходимости по вероятности оценки спектральных плотностей комплекснозначных симметричных устойчивых стационарных случайных процессов с дискретным временем. Получены оценки скорости сходимости этих статистик для полиномиальных окон просмотра данных в зависимости от гладкости спектральных плотностей.

**Практическая значимость полученных результатов.** Работа имеет теоретический характер. Результаты, полученные в диссертаци-

онной работе, могут быть использованы при дальнейшем изучении статистических свойств периодограммных оценок спектральных плотностей, а также при обработке наблюдений в экономике, банковской сфере, при разработке модулей статистических пакетов. Результаты могут быть использованы при чтении общих и специальных курсов, проведении практических занятий по статистическому анализу устойчивых временных рядов в высших учебных заведениях.

**Основные положения диссертации, выносимые на защиту.**

На защиту выносятся:

1. Исследование асимптотического поведения первого и вторых моментов статистик, построенных осреднением по соседним частотам, для комплекснозначных симметричных устойчивых стационарных случайных процессов с дискретным временем при различных весовых функциях.

2. Результаты исследования асимптотического поведения первого и вторых моментов статистик, построенных по непересекающимся отрезкам наблюдений, для  $m$ -зависимых комплекснозначных симметричных устойчивых стационарных случайных процессов с дискретным временем.

3. Найденные асимптотические выражения математического ожидания, дисперсии и среднеквадратического отклонения сглаженной спектральным окном статистики, полученной по непересекающимся отрезкам наблюдений, для  $m$ -зависимых комплекснозначных симметричных устойчивых стационарных случайных процессов с дискретным временем.

4. Полученные оценки скорости сходимости моментов построенных статистик для полиномиальных окон просмотра данных в зависимости от гладкости спектральных плотностей.

5. Построенные с использованием спектральных окон и метода осреднения по непересекающимся отрезкам наблюдений состоятельные в смысле сходимости по вероятности оценки спектральных плотностей для  $m$ -зависимых комплекснозначных симметричных устойчивых стационарных случайных процессов с дискретным временем, оценки скорости сходимости данных статистик для полиномиальных окон просмотра данных и спектральных плотностей, удовлетворяющих условию Гельдера.

**Личный вклад соискателя.** Все основные результаты, приводимые в выносимой на защиту диссертационной работе, получены автором самостоятельно. Научному руководителю в совместных работах принадлежат предметные постановки задач, выбор направления исследований, обсуждение результатов.

**Апробация результатов диссертации.** Основные результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на научных семинарах кафедры информационного и программно-математического обеспечения автоматизированных производств, кафедры теории вероятностей и математической статистики (1995-2002), Межгосударственной научно-практической конференции творческой молодежи «Актуальные проблемы информатики: математическое, программное и информационное обеспечение» (г. Минск, 1994); Научно-технической конференции «Современные методы обработки сигналов в системах измерения, контроля, диагностики и управления» (г. Минск, 1995); Республиканской научно-методической конференции, посвященной 25-летию ФПМИ (г. Минск, 1995); VII Белорусской математической конференции (г. Минск, 1996); Межгосударственной научной конференции «Актуальные проблемы информатики: математическое, программное и информационное обеспечение» (г. Минск, 1996); Международной конференции «Статистический и прикладной анализ временных рядов» (г. Брест, 1997); V международной конференции «Компьютерный анализ данных и моделирование» (г. Минск, 1998); VI Международной научной конференции «Актуальные проблемы информатики» (г. Минск, 1998); 56-й Научной конференции студентов и аспирантов (г. Минск, 1999); VIII Белорусской математической конференции (г. Минск, 2000); 57-й Научной конференции студентов и аспирантов (г. Минск, 2000); VI Международной конференции «Computer data analysis and modeling: robustness and computer intensive methods» (г. Минск, 2001), II Региональной конференции молодых ученых и студентов «Современные проблемы математики и вычислительной техники» (г. Брест, 2001), I Международной конференции «Информационные системы и технологии» (г. Минск, 2002).

**Опубликованность результатов.** Основные результаты диссертации опубликованы в 19 работах, из них: 3 статьи в центральных периодических изданиях (журналах), 9 статей в сборниках материалов научных конференций, 1 рукопись депонирована в БелИАС, 1 рукопись депонирована в ВИНТИ, 5 тезисов докладов на научных конференциях. Общее количество опубликованных материалов — 116 страниц, 14 работ опубликовано без соавторов.

**Структура и объем диссертации.** Диссертация состоит из введения, общей характеристики работы, четырех глав, заключения, списка использованных источников, включающего 82 наименования, и двух приложений на 22 страницах. Полный объем диссертационной работы составляет 122 страницы.

дискретным временем. Получены асимптотические выражения математического ожидания, ковариации, дисперсии и среднеквадратического отклонения построенных статистик для различных весовых функций, а также оценки скорости сходимости величины смещения для полиномиальных окон просмотра данных в зависимости от гладкости спектральных плотностей, [1, 8, 15-18].

2. Применен метод осреднения периодограмм по непересекающимся отрезкам наблюдений к построению оценок спектральных плотностей комплекснозначных симметричных устойчивых стационарных случайных процессов с дискретным временем. Получены асимптотические выражения математического ожидания, ковариации, дисперсии и среднеквадратического отклонения построенных статистик при условии  $m$ -зависимости процессов, а также оценки скорости сходимости величины смещения для полиномиальных окон просмотра данных и спектральных плотностей, удовлетворяющих условию Гельдера, [2-7, 16].

3. Построены сглаженные с помощью спектральных окон оценки спектральных плотностей, полученные путем осреднения периодограмм по непересекающимся отрезкам наблюдений, для комплекснозначных симметричных устойчивых стационарных случайных процессов с дискретным временем. Получены асимптотические выражения математического ожидания и дисперсии построенных оценок при условии  $m$ -зависимости рассматриваемых процессов, а также оценки скорости сходимости смещения, дисперсии и среднеквадратического отклонения для полиномиальных окон просмотра данных в зависимости от гладкости спектральных плотностей, [9-13].

4. Построены состоятельные в смысле сходимости по вероятности оценки спектральных плотностей комплекснозначных симметричных устойчивых стационарных случайных процессов с дискретным временем, использующие спектральные окна и метод осреднения периодограмм по непересекающимся отрезкам наблюдений. Получены оценки скорости сходимости по вероятности данных статистик при условии  $m$ -зависимости рассматриваемых процессов для полиномиальных окон просмотра данных и спектральных плотностей, удовлетворяющих условию Гельдера, [9,11,13,19].

5. Проведен численный сравнительный анализ величин смещений, дисперсий и среднеквадратических отклонений построенных статистик и анализ эффективности использования данных статистик в зависимости от длины устойчивых временных рядов. Даны рекомендации по выбору оптимального числа точек осреднения и числа отрезков разбиения для временных рядов заданной длины, [12,14].



## СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ

### Статьи

1. *Бондаренко М. А. (Акинфина М. А.)* Пределные теоремы для устойчивых процессов // Современные методы обработки сигналов в системах измерения, контроля, диагностики и управления: Материалы научно – технической конференции, Минск, 18 – 22 декабря 1995 г.: В 2 ч. / Белорусский государственный университет. Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники. – Минск, 1995. – Ч. 1. – С.96-101.
2. *Демеш Н. Н., Бондаренко М. А. (Акинфина М. А.)* Применение метода сегментирования и усреднения Уэлча к оцениванию спектров устойчивых процессов // Статистический и прикладной анализ временных рядов: Труды международной научной конференции, Брест, сентябрь 1997 г. / Брестский государственный университет. – Брест, 1997. – С. 3-7.
3. *Демеш Н. Н., Бондаренко М. А. (Акинфина М. А.)* О дисперсии модифицированной периодограммы Уэлча для устойчивых процессов // Компьютерный анализ данных и моделирование: Сборник научных статей V Международной конференции, Минск, 8 – 12 июня 1998 г.: В 4 ч. / Белорусский государственный университет. – Минск, 1998. – Ч. 3. – С. 110-117.
4. *Акинфина М. А.* Сравнение величин ковариации модифицированной периодограммы и периодограммы Бартлетта при использовании полиномиальных окон просмотра данных // Актуальные проблемы информатики: Сб. трудов VI Международной научной конференции, Минск, 26-30 октября 1998 г.: В 3 ч. / Белорусский государственный университет. – Минск, 1998. – Ч. 2. – С. 446-450.
5. *Акинфина М.А.* Асимптотические свойства периодограммы Бартлетта // Сборник работ 56-й научной конференции студентов и аспирантов, Минск, апрель-май 1999 г.: В 3 ч. / Белорусский государственный университет. – Минск, 1999. – Ч. 3. – С. 62-66.
6. *Акинфина М. А.* Статистические свойства периодограммы Бартлетта устойчивого стационарного случайного процесса / БГУ – Минск, 1999. – 26 с. – Деп. в БелИСА. 16.06.99. № Д199971 // Реферативный сборник непубликуемых работ. Отчет НИР, ОКР, ОТР, депонированные научные рукописи. – Мн.: Бел ИСА. – 1999. – Выпуск 2(13).– С. 85.
7. *Демеш Н. Н., Акинфина М. А.* О ковариации модифицирован-

- ной периодограммы Уэлча для устойчивых процессов // Вестник БГУ. Сер. 1: Физ. Мат. Мех. – 1999. - № 2. – С. 55-57.
8. *Акинфина М. А.* О дисперсии осредненной периодограммы для устойчивых процессов // Сборник работ 57-й научной конференции студентов и аспирантов, Минск, 16-19 мая 2000 г.: В 3 ч. / Белорусский государственный университет. – Минск, 2000. – Ч. 1. – С. 20-25.
  9. *Акинфина М. А.* Состоятельная оценка спектральной плотности дискретного устойчивого стационарного случайного процесса / БГУ - Минск, 2001. - 20с. - Деп. в ВИНИТИ 9.08.2001, № 1847-V2001 // Вести НАН Беларуси. Сер. 1: Физ. – Мат. Наук. – 2001. - № 4. – С. 133 – 134.
  10. *Демеш Н. Н., Акинфина М.А.* О дисперсии сглаженной периодограммы Бартлетта // Вестник БГУ. Сер.1: Физ. Мат. Мех. – 2001. - № 1. – С. 75 – 79.
  11. *Demesh N. N., Akinfina M. A.* About a consistent estimation of spectral density of a stationary symmetric  $\alpha$ -stable process // Computer data analysis and modeling: Robustness and Computer Intensive Methods: Proceeding of the 6-th International Conference, Minsk, 10 – 14 sept. 2001: In 3p. / Белорусский государственный университет. – Minsk, 2001. – P. 1. – P. 116 – 123.
  12. *Акинфина М.А.* Численный анализ характеристик сглаженной периодограммы Бартлетта // Современные проблемы математики и вычислительной техники: Материалы II Региональной конференции молодых ученых и студентов, Брест, 28 – 30 ноября 2001г. / Брестский государственный технический университет. – Брест, 2001. – С. 3 – 6.
  13. *Акинфина М. А.* Применение периодограммы Бартлетта к оцениванию спектров дискретных устойчивых стационарных случайных процессов // Вести НАН Беларуси. Сер. 1: Физ. – Мат. наук. – 2002. – № 2. – С. 57-60.
  14. *Акинфина М. А.* Численный анализ среднеквадратических отклонений периодограммных статистик для устойчивых временных рядов // Информационные системы и технологии: Материалы Международной конференции, Минск, 5-8 ноября 2002 г.: В 2 ч. / Белорусский государственный университет. НАН РБ. – Минск, 2002. – Ч. 2. – С. 184-188.

#### Тезисы докладов

15. *Бондаренко М. А. (Акинфина М.А.)* Спектральный анализ устойчивых процессов // Актуальные проблемы информатики: мате-

- матическое, программное и информационное обеспечение: Материалы Межгосударственной научно-практической конференции творческой молодежи, Минск, 16 – 20 мая 1994 г. / Белорусский государственный университет. – Минск, 1994. – С. 148.
16. *Бондаренко М. А. (Акинфина М. А.)* Характеристики устойчивых процессов // Актуальные проблемы информатики: математическое, программное и информационное обеспечение: Материалы V межгосударственной научной конференции, Минск, 14 – 18 мая 1996 г. / Белорусский государственный университет. – Минск, 1996. – С. 203.
17. *Бондаренко М. А. (Акинфина М. А.)* Спектральная функция устойчивых процессов // Тезисы докладов VII Белорусской математической конференции, Минск, 18 – 22 ноября 1996 г.: В 3 ч. / Белорусский государственный университет. Институт математики АН Беларуси. – Минск, 1996. – Ч. 2. – С. 9 – 10.
18. *Бондаренко М. А. (Акинфина М. А.)* Асимптотические свойства осредненных оценок // Статистический и прикладной анализ временных рядов: Материалы международной научной конференции, Брест, сентябрь 1997 г. / Брестский государственный университет. – Брест, 1997. – С. 14.
19. *Акинфина М. А.* О состоятельной оценке в смысле сходимости по вероятности оценке спектральной плотности устойчивого стационарного процесса // Тезисы докладов VII Белорусской математической конференции, Минск, 19-24 июня 2000 г.: В 4 ч. / Белорусский государственный университет. – Минск, 2000. – Ч. 2. – С. 136.



Акіфіна Марына Аляксандраўна

## СКАРЫСТАННЕ ПЕРЫЯДАГРАМНЫХ СТАТЫСТЫК ПРЫ АЦЭНЬВАННІ СПЕКТРАЎ УСТОЙЛІВЫХ ВЫПАДКОВЫХ ПРАЦЭСАЎ З ДЫСКРЭТНЫМ ЧАСАМ

**Ключавыя словы:** устойлівы выпадковы працэс, спектральная шчыльнасць, ацэнка.

Аб'ектам даследавання з'яўляюцца камплексназначныя сіметрычныя ўстойлівыя стацыянарныя выпадковыя працэсы з дыскрэтным часам. Прадметам даследавання з'яўляюцца статыстычныя метады апрацоўкі назіранняў з разглядаемымі ўстойлівымі працэсамі.

Асноўнай мэтай дысертацыйнай працы з'яўляецца распрацоўка і аналіз перыядаграмных метадаў пабудавання ацэнак спектральных шчыльнасцяў камплексназначных сіметрычных ўстойлівых стацыянарных выпадковых працэсаў з дыскрэтным часам.

У дысертацыйнай працы ўпершыню распрацаваны і даследаваны перыядаграмныя метады пабудавання ацэнак спектральных шчыльнасцяў камплексназначных сіметрычных ўстойлівых стацыянарных выпадковых працэсаў з дыскрэтным часам і вырашаны наступныя задачы :

Метадам асярэднявання перыядаграм па суседнім часціням пабудаваны ацэнкі спектральных шчыльнасцяў камплексназначных сіметрычных ўстойлівых стацыянарных выпадковых працэсаў з дыскрэтным часам і даследаваны іх статыстычныя ўласцівасці.

Уведзены і даследаваны ацэнкі спектральных шчыльнасцяў, пабудаваныя метадам асярэднявання перыядаграм па нескрыжаваным адрэзкам назіранняў, для камплексназначных сіметрычных ўстойлівых стацыянарных выпадковых працэсаў з дыскрэтным часам.

Пабудаваны слухныя ў сэнсе схадзімасці па імавернасці ацэнкі спектральных шчыльнасцяў камплексназначных сіметрычных ўстойлівых стацыянарных выпадковых працэсаў з дыскрэтным часам, выкарыстоўваючыя спектральныя вокны і метады асярэднявання перыядаграм па нескрыжаваным адрэзкам назіранняў. Даследаваны ацэнкі хуткасці схадзімасці гэтых статыстык для палінаміяльных вокнаў прагляду даных і спектральных шчыльнасцяў, задавальняючых умовам Гельдэра.

З графічнай ілюстрацыяй праведзены лікавы аналіз эфектыўнасці выкарыстання пабудаваных статыстык у залежнасці ад даўжыні ўстойлівых часавых радоў.

Такім чынам, у дысертацыі змяшчаюцца новыя навукова-абгрунтаваныя вынікі ў галіне статыстычнага спектральнага аналізу ўстойлівых часавых радоў. Выкарыстанне гэтых вынікаў дазваляе вырашыць праблему пабудавання перыядаграмных ацэнак спектраў ўстойлівых выпадковых працэсаў з дыскрэтным часам.

Акинфина Марина Александровна

## ПРИМЕНЕНИЕ ПЕРИОДОГРАММНЫХ СТАТИСТИК ПРИ ОЦЕНИВАНИИ СПЕКТРОВ УСТОЙЧИВЫХ СЛУЧАЙНЫХ ПРОЦЕССОВ С ДИСКРЕТНЫМ ВРЕМЕНЕМ

**Ключевые слова:** устойчивый случайный процесс, спектральная плотность, оценка.

Объектом исследования являются комплекснозначные устойчивые стационарные случайные процессы с дискретным временем. Предметом исследования являются статистические методы обработки наблюдений за рассматриваемыми устойчивыми случайными процессами.

Основной целью диссертационной работы является разработка и анализ периодограммных методов построения оценок спектров комплекснозначных симметричных устойчивых стационарных случайных процессов с дискретным временем.

В диссертационной работе впервые разработаны и исследованы периодограммные методы построения оценок спектров комплекснозначных симметричных устойчивых стационарных случайных процессов с дискретным временем и решены следующие задачи:

Методом осреднения периодограмм по соседним частотам построены оценки спектральных плотностей комплекснозначных симметричных устойчивых стационарных случайных процессов с дискретным временем и исследованы их статистические свойства.

Введены и исследованы оценки спектральных плотностей, построенные методом осреднения периодограмм по непересекающимся отрезкам, для комплекснозначных симметричных устойчивых стационарных случайных процессов с дискретным временем.

Построены состоятельные в смысле сходимости по вероятности оценки спектральных плотностей комплекснозначных симметричных устойчивых стационарных случайных процессов с дискретным временем, использующие спектральные окна и метод осреднения периодограмм по непересекающимся отрезкам. Исследованы оценки скорости сходимости этих статистик для полиномиальных окон просмотра данных и спектральных плотностей, удовлетворяющих условию Гельдера.

С графической иллюстрацией проведен анализ эффективности использования полученных статистик в зависимости от длины устойчивых временных рядов

Таким образом, в диссертации содержатся новые научно-обоснованные результаты в области спектрального анализа устойчивых временных рядов. Использование данных результатов позволяет решить проблему построения периодограммных оценок спектров устойчивых случайных процессов с дискретным временем.

## SUMMARY

Marina A. Akinfina

**APPLICATION PERIDOGRAM'S STATISTICS ATTACHED TO  
ESTIMATION OF SPECTRUMS OF DISCRETE-TIME STABLE  
STOCHASTIC PROCESSES**

**Key words:** stable stochastic process, spectral density, estimator.

The object of research is discrete-time stable stationary stochastic processes. The subject of the research is statistical methods of processing the observations of stable stochastic processes under review.

The main aim of the dissertation work is the development and the analysis peridogram's methods of construction of estimators of the spectral density of discrete-time complex symmetric stable stationary stochastic processes.

In dissertation work for the first time peridogram's methods of construction of the estimators of the spectral density of discrete-time complex symmetric stable stationary stochastic processes are developed and are investigated and following problem are solved:

The estimators of the spectral density of discrete-time complex symmetric stable stationary stochastic processes are constructed using method by averaging of periodograms over neighboring frequency and statistical properties of estimates are investigated.

The estimators of the spectral density of discrete-time complex symmetric stable stationary stochastic processes are introduced and investigated constructed by a method by averaging of periodograms over non-overlapping segment of observations.

The estimators of the spectral density of discrete-time complex symmetric stable stationary stochastic processes, consistent in the sense of probability convergence are constructed, using spectral windows and method by averaging of periodograms over non-overlapping segment of observations. The rate of convergence of these statistics is investigated for polynomial windows of viewing of the data and the spectral density satisfying the Holder condition.

Using the constructed estimations the analysis of effectiveness of using in depending of length of stable time series is carried out with graphic illustration.

Thus, the given thesis contains new scientifically results in the field of statistical spectral analysis of stable time series. Using of these results allows solving a problem of construction peridogram's estimates of spectrums of discrete-time stable stochastic processes.