

На правах рукописи



Тарасов Сергей Николаевич

АЛГОРИТМЫ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ
ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ
ПРИ АТМОСФЕРНЫХ ПОМЕХАХ

Специальность: 05.11.16 – «Информационно-измерительные и управляющие
системы»

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Липецк – 2016

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Липецкий государственный технический университет».

Научный руководитель: доктор физико-математических наук, профессор Осинин Владимир Федорович.

Официальные оппоненты: Федюнин Павел Александрович, доктор технических наук, профессор, начальник кафедры ВУНЦ ВВС «Военно-воздушная академия им. профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина».

Полозов Станислав Валерьевич, кандидат технических наук, ЗАО «Тематика», программист-разработчик.

Ведущая организация: федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тамбовский государственный технический университет».

Защита состоится « 17 » марта 2017 года в 15:00 на заседании диссертационного совета Д 212.108.01 при федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Липецкий государственный технический университет» по адресу: 398600, г. Липецк, ул. Московская, 30, административный корпус, ауд. 601.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте www.stu.lipetsk.ru при федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Липецкий государственный технический университет».

Автореферат разослан « 12 » января 2017 года.

Ученый секретарь
диссертационного совета



В.И. Бойчевский

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Исследования статистической структуры поля атмосферных радиопомех (АРП) были начаты в середине двадцатого столетия. Материалы исследований обобщены и представлены в графическом виде в отчетах Международного консультативного комитета по радиосвязи (МККР) и его производных (МСЭ – Международный союз электросвязи).

Однако подход к оценке воздействия АРП на системы радиосвязи, применяемый в данных отчетах, не позволяет учитывать постоянно меняющуюся грозовую активность, вследствие чего, не представляется возможным осуществление постоянного оперативного контроля качества работы радиоустройств. Кроме того, в названных отчетах отсутствуют сведения о распределении средней длительности огибающей напряженности поля АРП, чрезвычайно важные для функционирования информационно-измерительных систем (ИИС) на фоне АРП.

В связи с отсутствием автоматических ИИС, функционирующих в реальном масштабе времени во всем диапазоне амплитуд АРП в полосе частот от 3 кГц до 30 МГц на базе аналитических алгоритмов, позволяющих активно внедрить компьютерные технологии на всех этапах приема, накопления, обработки и анализа принимаемой по радиолиниям полезной информации, проблема создания автоматической ИИС в настоящее время остается крайне актуальной.

Цель работы: создание автоматизированных алгоритмов функционирования и программного обеспечения ИИС контроля качества передаваемого радиосигнала в режиме реального времени в диапазоне частот от 3 кГц до 30 МГц, а также расширение возможностей Отчета МККР по описанию статистических свойств АРП через функцию средней длительности выбросов их огибающей.

Идея работы: построение алгоритма работы и создание ИИС для оценки вредного воздействия мешающих радиополей естественного (природного) происхождения на функционирование радиоустройств в диапазоне 3 кГц - 30 МГц посредством непрерывного контроля качества принимаемой информации и повышения эффективности их работы.

Задачи работы:

- исследование статистических характеристик АРП и их воздействия на системы радиосвязи в диапазоне частот от 3 кГц до 30 МГц;
- исследование и выбор математических моделей адекватного представления функции распределения огибающей атмосферного радишума в указанном диапазоне частот;
- разработка алгоритма и создание программного обеспечения ИИС на основе обобщающей эмпирической модели для описания амплитудного распределения вероятностей (АРВ);
- создание алгоритма и программы преобразования амплитудного распределения вероятностей огибающей АРП из одной полосы в другую;
- разработка аналитической формулы и программная реализация нахождения функции распределения средней длительности выбросов АРП.

Тематика работы соответствует следующим пунктам паспорта специальности 05.11.16 – «Информационно-измерительные и управляющие системы»:

1. Научное обоснование перспективных информационно-измерительных и управляющих систем, систем их контроля, испытаний и метрологического обеспечения, повышение эффективности существующих систем.

4. Методы и системы программного и информационного обеспечения процессов отработки и испытаний образцов информационно-измерительных и управляющих систем.

6. Исследование возможностей и путей совершенствования существующих и создания новых элементов, частей, образцов информационно-измерительных и управляющих систем, улучшение их технических, эксплуатационных, экономических и эргономических характеристик, разработка новых принципов построения и технических решений.

Научная новизна работы заключается в:

- создании аналитического метода автоматического нахождения тангенсов углов наклона (параметров q_1 и q_2 обобщающей эмпирической модели) для глад-

кой и импульсной составляющей огибающей АРП, что сокращает время на проведение расчетов и повышает быстродействие ИИС;

– разработке алгоритма восстановления АРВ огибающей АРП на основе обобщающей эмпирической модели с применением новых математических алгоритмов, отличающихся повышенной степенью точности аппроксимации эксперимента, что улучшает экономические и эргономические характеристики ИИС;

– создании алгоритма трансформации АРВ огибающей АРП из одной полосы в другую с анализом воздействия максимального коэффициента трансформации, позволяющего в автоматическом режиме исследовать характеристики АРП в полосе частот, отличающейся от диапазона, используемого для передачи полезной информации;

– разработке аналитической формулы нахождения средней длительности выбросов огибающей АРП и ее программной реализации, что позволяет повысить уровень помехоустойчивости и эффективности ИИС, работающих на фоне атмосферных радишумов, учитывая, что материалы отчета МККР сведений о распределении средней длительности не содержат;

– создании программного комплекса для автоматизированной ИИС, отличающегося от известных тем, что охватывает частотный диапазон от 3 кГц - 30 МГц и предназначен для функционирования в режиме реального времени на всех участках работы системы, включая этапы измерения, накопления, обработки полученных данных и принятия решения.

Научная значимость работы определяется тем, что полученные в ней результаты позволяют расширить возможности отчета МККР по описанию статистических свойств АРП через функцию средней длительности выбросов их огибающей. С помощью разработанного программного комплекса автоматизированной ИИС контроля качества передаваемого радиосигнала можно добиться более эффективного распределения энергетического ресурса. Наряду с этим, расширяются теоретические и экспериментальные знания о структуре поля атмосферных импульсов.

Практическая значимость работы обусловлена тем, что разработанная ИИС контроля качества передаваемого радиосигнала с возможностью определения средней длительности выбросов огибающей АРП может применяться:

- для проведения экспериментальных исследований структуры электромагнитного поля Земли;
- как отдельный программный комплекс для контроля качества передаваемого радиосигнала в режиме реального времени, что позволяет исключить графический метод расчета напряженности поля полезного сигнала в зоне приема;
- для повышения точности приема и работы радиосистемы без потери качества обслуживания.

Методы исследования. При решении поставленных задач использован комплексный подход к исследованию, включающий методы интегрального и дифференциального исчисления, математического моделирования, математической статистики, теорию электромагнитного поля, а также теорию вероятностей и инженерный эксперимент. Теоретические и экспериментальные исследования проводились с использованием свободной кроссплатформенной среды разработки "Code::Blocks" и системы автоматизированного проектирования "Mathcad".

Объектом исследования являются АРП в диапазоне 3 кГц - 30 МГц, обусловленные электромагнитным излучением, вызванным грозовыми разрядами, а также их воздействие на качество функционирования систем радиосвязи.

Предметом исследования являются методы информационного обеспечения процессов обработки статистических свойств АРП и ИИС контроля качества передаваемой информации в диапазоне частот 3 кГц - 30 МГц.

Достоверность научных положений и выводов диссертационной работы подтверждается корректным применением основных теоретических положений, согласованностью отдельных полученных результатов с результатами других авторов. Для всей ИИС системы в целом проведена поверка и расчет характеристик для импульсного случайного атмосферного радишума. Экспериментальные результаты хорошо воспроизводятся и согласуются с теоретическими данными.

На защиту выносятся:

- разработанный метод прямого аналитического нахождения по экспериментальным данным параметров q_1 и q_2 обобщающей эмпирической модели;
- созданный алгоритм восстановления АРВ АРП на основе обобщающей эмпирической модели;
- разработанный алгоритм преобразования АРВ огибающей АРП из одной полосы в другую с использованием обобщающей эмпирической модели;
- созданная формула представления амплитудного распределения средней длительности выбросов огибающей АРП;
- разработанное программное обеспечение представления амплитудного распределения средней длительности выбросов огибающей АРП;
- разработанный программный комплекс для автоматизированной ИИС.

Апробация работы. Основные результаты диссертации были представлены и обсуждались на следующих конференциях и конкурсах: VI Международная научно-практическая конференция «Инновации и информационные технологии в образовании» (г. Липецк, 2012), Научно практическая конференция по проблемам технических наук (г. Липецк, 2013), XIX Международная научно-техническая конференция «Радиолокация, навигация, связь» (г. Воронеж, 2013), VI Международная научно-практическая конференция «Инновации и информационные технологии в образовании» (г. Липецк, 2013), Актуальные проблемы естественных наук и их преподавания (г. Липецк, 2013), Научно практическая конференция по проблемам технических наук (г. Липецк, 2014), «ИНФОРМАЦИОННЫЕ УПРАВЛЯЮЩИЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ» (г. Одесса, 2014), Актуальные проблемы естественных наук и их преподавания (г. Липецк, 2014).

Реализация работы. Результаты диссертационной работы используются кафедрой «Информатики, информационных технологий и защиты информации» ФГБОУВО «Липецкий государственный педагогический университет имени П.П. Семенова-Тян-Шанского» и внедрены в учебный процесс дисциплин «Информационная безопасность и защита информации» и «Программно-аппаратная защита информации» в виде дополнительных лекций по проблемам достоверной

передачи информации по радиоканалам в присутствии АРП. Разработанные алгоритмы и программное обеспечение внедрены в Федеральное казенное учреждение «Центр управления в кризисных ситуациях главного управления МЧС России по Липецкой области» и используются при настройке, проверке и эксплуатации контрольно-измерительных приборов и автоматики. Разработанный метод определения средней длительности выбросов огибающей атмосферных помех используется при проектировании и построении схем электропитания и молниезащиты строящегося ТРЦ «Ривьера» в г. Липецке. Разработанный программный комплекс используется при проектировании и разработке молниезащиты и защиты от импульсных перенапряжений для оборудования подвижных составов, имеющих на предприятии ООО «Железнодорожно-строительная компания».

Публикации. По результатам выполненных исследований опубликовано 12 научных работ, в том числе 4 статьи в журналах, рекомендованных ВАК РФ, выпущена 1 монография, получено 2 свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Структура диссертации. Диссертация содержит 152 страницы основного текста, 49 рисунков, 11 таблиц и состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы из 103 наименований и двух приложений.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность диссертационной работы, сформулирована цель, раскрыта ее научная новизна и практическая ценность, изложены основные результаты, выносимые на защиту.

В первой главе рассмотрены АРП и их характер воздействия на системы радиосвязи; определены основные показатели, необходимые для нахождения интенсивности атмосферного радишума и принимаемой мощности полезного сигнала; описан алгоритм функционирования ИСС для управления качеством приема радиосигнала при АРП; поставлены задачи, решение которых необходимо для раз-

работки автоматизированной ИИС с контролем средней длительности выбросов огибающей АРП.

Для реализации автоматической радиосистемы, работающей на фоне неустранимых импульсных АРП, необходимо решить следующие задачи:

- оценить по данным измерений статистических свойств атмосферных ради шумов адекватность исследуемому процессу известные математические модели;

- разработать автоматизированный алгоритм расчета статистических параметров узкополосных атмосферных ради шумов в целях минимизации воздействия искусственных радиополей на достоверность исследуемых характеристик естественного атмосферного ради шума;

- разработать автоматизированный алгоритм преобразования амплитудного распределения вероятностей огибающей атмосферных ради шумов из одной полосы в другую;

- разработать алгоритм представления амплитудного распределения средней длительности выбросов огибающей АРП;

- разработать программное обеспечение ИИС для управления качеством приема радиосигнала, работающее в режиме реального времени в присутствии неустранимых импульсных АРП.

Во второй главе исследованы математические модели представления функции распределения огибающей АРП.

Результаты многочисленных исследований показали, что в настоящее время наиболее простой и удобной в расчетах является обобщающая эмпирическая модель (ОЭМ), которая имеет следующую функцию распределения огибающей напряжения АРП:

$$P(E > E_0) = \begin{cases} \left[1 + \left(\frac{E_0}{E_{50q_1}} \right)^{q_1} \right]^{-1}, & 0 \leq E_0 < E'_0; \\ \left[1 + \left(\frac{E_0}{E_{50q_2}} \right)^{q_2} \right]^{-1}, & E'_0 \leq E_0 < \infty, \end{cases} \quad (1)$$

где $E_{50q_1} = 10^{b/q_1} \cdot E_0'$; $E_{50q_2} = 10^{b/q_2} \cdot E_0'$ - медианные уровни огибающей поля АРП;
 E – напряжение поля АРП; E_0 – некоторый пороговый уровень поля; q_1, q_2, b, E_0'
 – некоторые параметры, причем $q_2 > q_1$.

В силу своей универсальности и простоты, эта модель выбрана в качестве базовой для разработки алгоритма и программного обеспечения ИИС управления качеством приема радиосигнала на фоне АРП.

В третьей главе описаны алгоритмы для нахождения параметров ОЭМ; разработан и создан алгоритм восстановления АРВ огибающей напряженности поля АРП с возможностью трансформации по полосе частот на основе ОЭМ.

Базовой частью нового алгоритма нахождения параметров q_1 и q_2 , является экстремальный метод наименьших квадратов для импульсной и гладкой областей АРП. Анализ рисунка 1 доказывает, что новый метод, является наиболее эффективным, т.к. более точно аппроксимирует экспериментальные данные. На рисунке 1 используются следующие обозначения: \blacklozenge – эксперимент; ----- – $q_1 = 1,208$ (новый метод); - - - - - – $q_2 = 4,35$ (новый метод); ===== – $q_1 = 1,459$ (предшествующий метод); = = = = – $q_2 = 4,19$ (предшествующий метод).

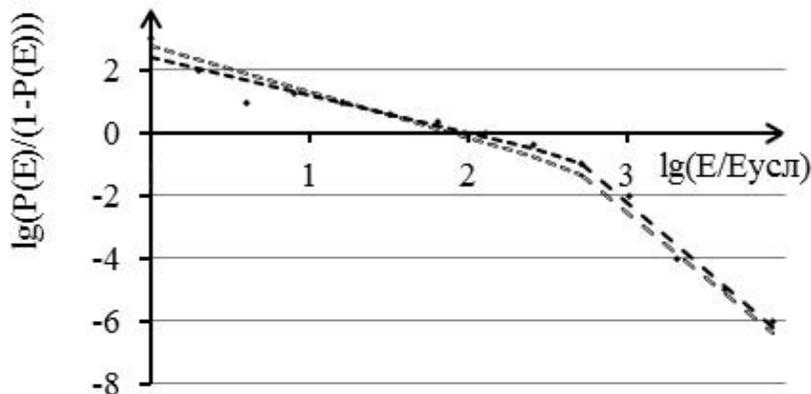


Рисунок 1 – Параметры q_1 и q_2 ,
 (г. Липецк $f = 8$ кГц при поло-
 се $f_0 = 200$ Гц)

Автоматизированные аналитические алгоритмы нахождения точки стыка областей импульсной и гладкой компоненты и АРВ огибающей АРП для обобщающей эмпирической модели описаны в диссертационной работе в главе 3, пункте 3.3 и пункте 3.4 соответственно.

Известно, что увеличение пропускной способности приемника приводит к тому, что импульс отклика становится короче во времени и выше по амплитуде. Учитывая это, вероятность превышения некоторого уровня E_0 для импульса от-

клика фильтра будет в два раза меньше, по сравнению с вероятностью, соответствующей импульсу отклика в исходной (единичной) полосе.

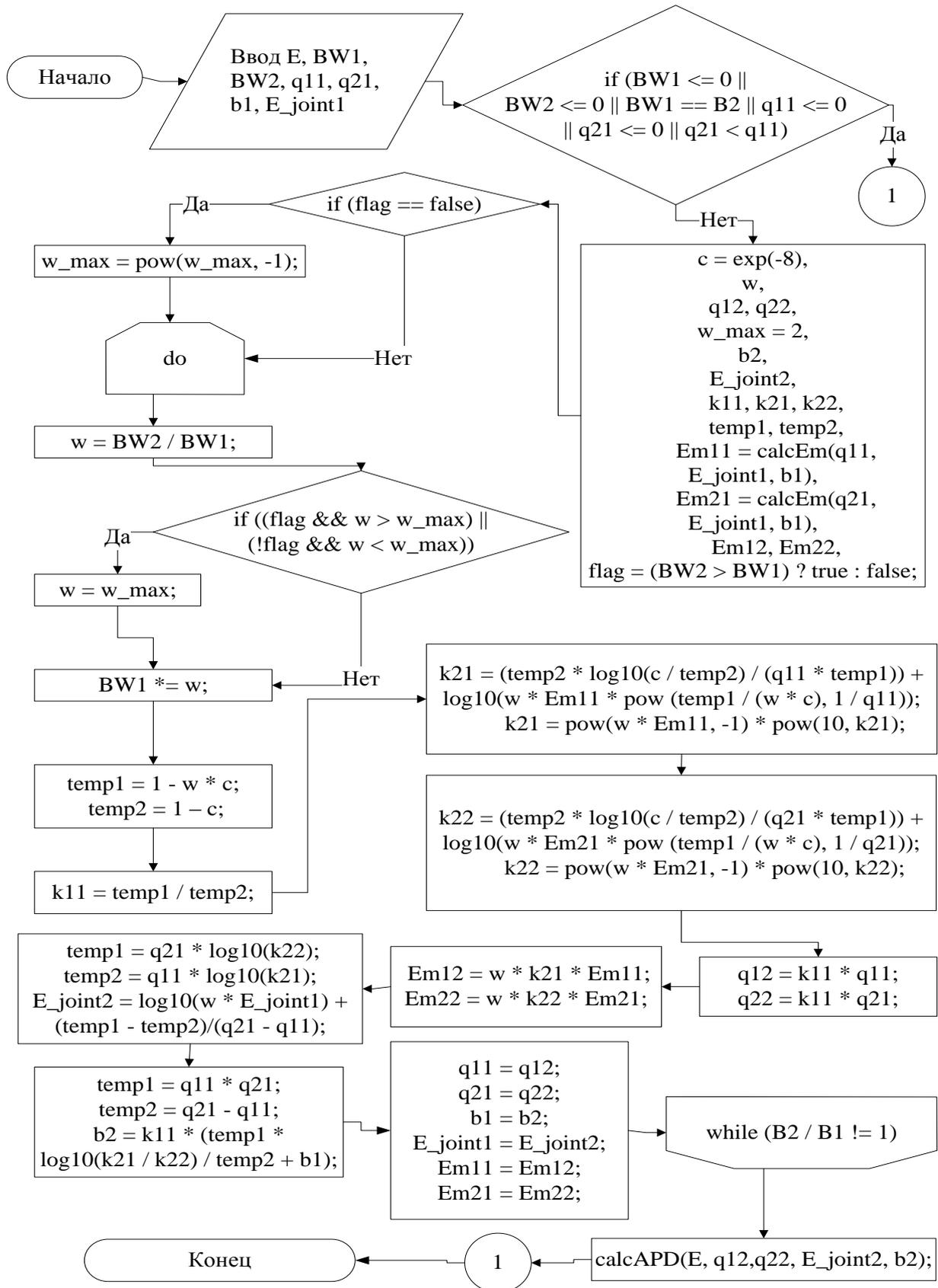


Рисунок 2 – Блок-схема алгоритма трансформации из полосы в полосу

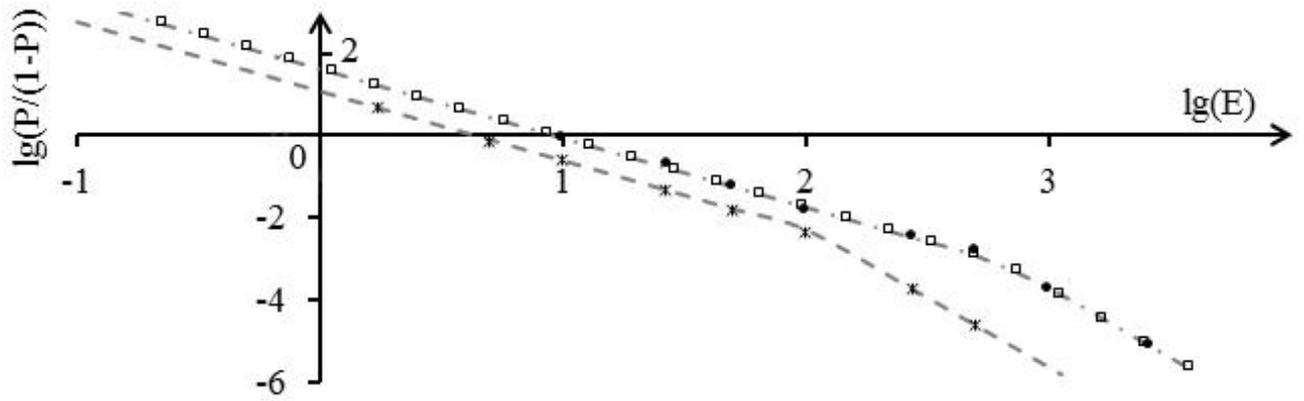


Рисунок 3 - Трансформация АРВ АРП из полосы 170 Гц в 1100 Гц
(г. Боулдер, штат Колорадо, частота 22 кГц)

Результаты работы алгоритма трансформации (рисунок 2) АРВ из одной полосы в другую представлен на рисунке 3. На данном рисунке используются следующие обозначения: * – полоса 170 Гц (э); - - - - - полоса 170 Гц (т); • – полоса 1100 Гц (э); - · - · - · - полоса 1100 Гц (т); □ – трансформированная АРВ.

Алгоритм трансформации по полосе (рисунок 2) имеет 7 входных параметров, которые легко находятся при расчете АРВ, высокую степень точности восстановления АРВ, простую реализацию и, следовательно, высокое быстродействие. Погрешность данного алгоритма не превышает 8,3 % при коэффициенте трансформации равным двум.

В четвертой главе рассмотрена средняя длительность огибающей нормально-флуктуационного процесса и АРП; разработана аналитическая форма и алгоритм представления функции средней длительности АРП.

Для стационарного эргодического процесса, когда усреднение по ансамблю заменяется усреднением по времени, при известных распределениях вероятностей $P(E > E_0)$ и $N(E > E_0)$ средняя длительность имеет вид:

$$\theta(E > E_0) = \frac{P(E > E_0)}{N(E > E_0)}, \quad (2)$$

где $P(E > E_0)$ – ДИФ распределения огибающей АРП; $N(E > E_0)$ – среднее число выбросов огибающей с положительной производной в единицу времени на пороговом уровне E_0 .

За счет узости полосы пропускания и высокой чувствительности приемной системы происходит наложение одних импульсов на другие. В результате при малых пороговых уровнях на выходе фильтра приемника происходит «нормализация» распределения $P(E > E_0)$ в диапазоне амплитуд E_0 , где $\sim 0,1 \leq P(E > E_0) < 1$. Ввиду этого, распределение средней длительности (3) разбито на три участка: область нормального шума; область гладкой составляющей; область импульсной составляющей.

$$\theta(E > E_0) = \begin{cases} \frac{\left[1 + \left(\frac{E_0}{10^{b/q_1} \cdot E'_0} \right)^{q_1} \right]^{-1}}{2 \cdot \sqrt{2} \cdot \delta f_s \cdot \frac{E_0}{E_{\text{ср.кв.}}} \cdot \exp\left(- \left(\frac{E_0}{E_{\text{ср.кв.}}} \right)^2 \right)}, & 0 \leq E_0 < E_0''; \\ \frac{1}{N_{\text{max}}} \cdot \left[1 + \left(\frac{E_0}{10^{b/q_1} \cdot E'_0} \right)^{-q_1} \right]^{-1}, & E_0'' \leq E_0 < E_0'; \\ \frac{1}{N_{\text{max}}} \cdot \left[1 + \left(\frac{E_0}{10^{b/q_2} \cdot E'_0} \right)^{-q_2} \right]^{-1}, & E_0' \leq E_0 < \infty, \end{cases} \quad (3)$$

где $N_{\text{ср}} = \sigma \cdot \sqrt{2\pi} \cdot N_{\text{max}} = \frac{\delta \cdot \omega}{\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{1}{2}} = \delta f_s \cdot e^{-\frac{1}{2}}$.

На рисунке 4 представлены теоретические (○) и экспериментальные данные (-----) средней длительности выбросов атмосферных радиопомех полученные с помощью нового алгоритма (рисунок 5) для г. Липецка на частоте 8 кГц при полосе $f_s = 200$ Гц 12 октября 2012 года в 8 часов 30 минут местного декретного времени.

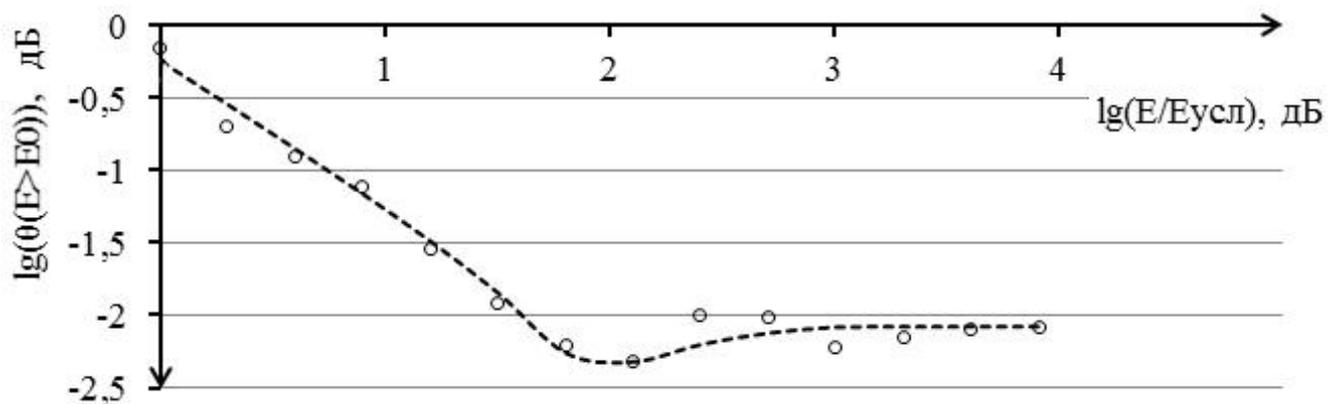


Рисунок 4 – Средняя длительность выбросов огибающей АРП

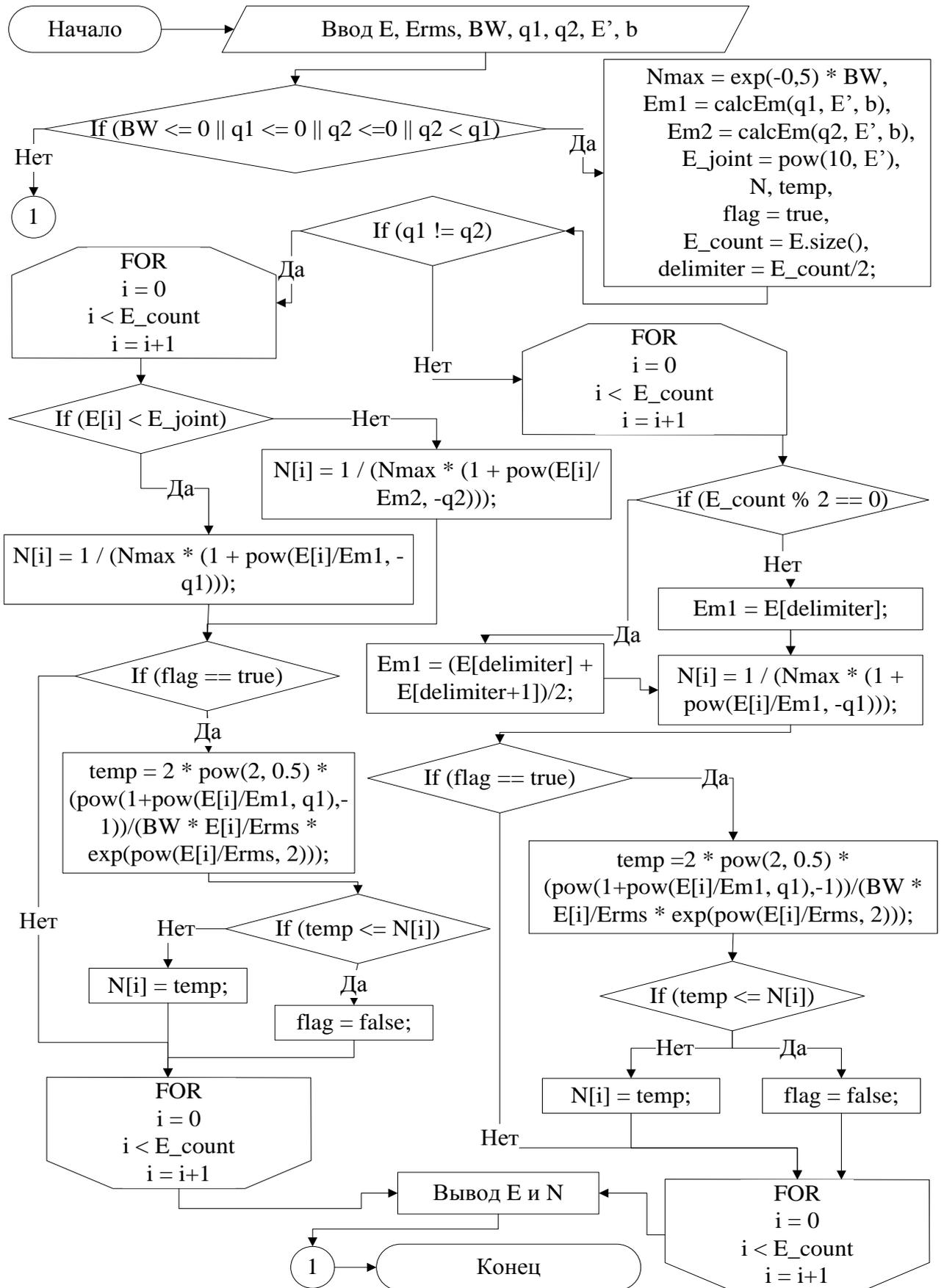


Рисунок 5 – Алгоритм расчета средней длительности выбросов огибающей АРП

Полученный результат 19,627 дБ лежит в доверительном диапазоне $20,3 \pm 0,8$ дБ, что доказывает точность работы нового программного комплекса ИИС. На основе восстановленной АРВ во всем динамическом диапазоне была рассчитана и средняя длительность выбросов огибающей АРП.

Из рисунка 6 видно, что в области гладкой компоненты средняя длительность имеет большую продолжительность во временном диапазоне. Это связано с тем, что итоговая мощность гладкой составляющей огибающей АРП формируется из множества импульсов (атмосфериков), приходящих как одновременно, так и с некоторым запозданием, меньшим длительности одного атмосферика, при этом приемный контур, имеющий высокую добротность, продолжает колебаться, генерируя на выводе один импульс. Анализируя область импульсной компоненты, можно сделать вывод о стационарности времени превышения некоторого порогового уровня. Как правило, в этой области наложение происходит достаточно редко и на входе фиксируется одиночный молниевый импульс.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе решена актуальная проблема создания автоматизированной ИИС оперативного контроля качества приема радиосигнала на фоне АРП в режиме реального времени с функцией расчета средней длительности выбросов огибающей АРП.

Основные результаты теоретических и экспериментальных исследований, приводимых в данной работе, сводятся к следующему:

– разработан алгоритм прямого аналитического нахождения по экспериментальным данным параметров q_1 и q_2 обобщающей эмпирической модели для гладкой и импульсной составляющей огибающей АРП, что сокращает время на проведение расчетов и повышает быстродействие ИИС;

– разработан алгоритм восстановления АРВ огибающей АРП на основе обобщающей эмпирической модели с применением новых математических алгоритмов, сглаживающий экспериментальные погрешности и повышающий степень

точности аппроксимации эксперимента минимум на 6,7%, что улучшает экономические и эргономические характеристики ИИС;

– создан алгоритм трансформации АРВ огибающей АРП из одной полосы в другую, позволяющий в автоматическом режиме исследовать характеристики АРП в полосе частот, отличающейся от диапазона, используемого для передачи полезной информации;

– установлен наиболее оптимальный коэффициент трансформации АРВ огибающей АРП за одну итерацию равный двум, при котором погрешность АРВ в новой полосе частот не превышает 8,3 % и существенным образом не ухудшает быстродействие системы;

– разработана аналитическая формула и создана программная реализация нахождения средней длительности выбросов огибающей АРП, повышающая уровень помехоустойчивости и эффективности ИИС, работающих на фоне атмосферных радишумов, учитывая, что материалы отчета МККР сведений о распределении средней длительности не содержат;

– создан программный комплекс для автоматизированной ИИС, отличающийся от известных тем, что охватывает частотный диапазон от 3 кГц - 30 МГц и предназначен для функционирования в режиме реального времени на всех участках работы системы, включая этапы измерения, накопления, обработки полученных данных и принятия решения.

Основные работы, опубликованные по теме диссертации:

Публикации в периодических научных изданиях рекомендованные ВАК РФ

1. Осинин В.Ф. Новый метод аналитического представления амплитудного распределения среднего числа выбросов огибающей атмосферного радишума [Текст]/ В.Ф. Осинин, А.К. Погодаев, С.Ф. Четвериков, Л.Г. Гамова, С.Н. Тарасов // Вести высших учебных заведений Черноземья. – Липецк: ЛГТУ, 2014. – № 4. – С. 31-35.

2. Осинин В.Ф. О возможности представления распределения среднего числа выбросов огибающей атмосферного ОНЧ – радишума обобщенной t-моделью

[Текст]/ В.Ф. Осинин, С.Ф. Четвериков, Л.Г. Гамова, О.В. Тонких, С.Н. Тарасов // Вести высших учебных заведений Черноземья. – Липецк: ЛГТУ, 2014. – № 2. – С. 22-25.

3. Осинин В.Ф. О представлении амплитудного распределения средней длительности выбросов огибающей атмосферного ОНЧ-радишума моделью Холла [Текст]/ В.Ф. Осинин, В.Н. Малыш, С.Н. Тарасов // Вестник РГРТУ. – Рязань: РГРТУ, 2014. – № 4 (Вып. 50) - Ч. 1. – С. 138-142.

4. Тарасов С.Н. Преобразование распределения вероятностей огибающей атмосферных радишумов из одной полосы в другую с использованием обобщающей эмпирической модели [Текст]/ С.Н. Тарасов, В.Ф. Осинин, С.Я. Пастухова // Вестник РГРТУ. – Рязань: РГРТУ, 2016. – №57 - С. 35-41.

Свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ

5. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2014615673, 30.05.2014. Цаплин О.В., Тарасов С.Н. Программа проверки верности показаний анализатора в режиме определения средней длительности выбросов.

6. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2014615786, 30.06.2014. Цаплин О.В., Тарасов С.Н. Программа проверки верности показаний анализатора в режиме определения среднего числа выбросов.

Международные конференции

7. Осинин В.Ф. Аналитическая модель основной и дополнительной функций распределения атмосферного ОНЧ-радишума и методика их определения [Текст]/ В.Ф. Осинин, В.Н. Малыш, О.В. Цаплин, С.Н. Тарасов // XIX Международная научно-техническая конференция «Радиолокация, навигация, связь» 16-18 апреля 2013 г. – Воронеж: НПФ «САКВОЕЕ» ООО, 2013. – С. 2002-2009.

Монографии

8. Малыш В.Н. Влияние радиопомех на целостность информации в радиоканале связи [Текст]: монография / В.Н. Малыш, В.Ф. Осинин, С.Н. Тарасов. – Липецк: ЛГПУ, 2014. – 108 с.

Доклады и труды, опубликованные в российских изданиях

9. Осинин В.Ф. Алгоритм оперативного контроля качества функционирования информационно-измерительной системы на фоне атмосферных радиопомех [Текст]/ В.Ф. Осинин, В.Н. Малыш, С.Н. Тарасов, О.В. Цаплин, Г.С. Строковский // Информационные технологии в процессе подготовки современного специалиста: Межвузовский сборник статей. – Липецк: ЛГПУ, 2012. – Вып. 16. – С. 117-121.

10. Осинин В.Ф. Аналитическое представление амплитудного распределения среднего числа выбросов огибающей атмосферного радишума через его функцию распределения [Текст]/ В.Ф. Осинин, В.Н. Малыш, С.Н. Тарасов // МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАУЧНЫЙ ВЕСТНИК (ВЕСТНИК ОБЪЕДИНЕНИЯ ПРАВОСЛАВНЫХ УЧЕНЫХ). – Воронеж: ООО ИПЦ “Научная книга“, 2015. – № 3. – С. 47-49.

11. Осинин В.Ф. Представление средней длительности выбросов огибающей атмосферного радишума с использованием обобщающей эмпирической модели [Текст]/ В.Ф. Осинин, В.В. Ведищев, С.Я. Пастухова, А.С. Комоликов, С.Н. Тарасов // Вести высших учебных заведений Черноземья. – Липецк: ЛГТУ, 2015. – №3(41). – С. 55-59.

12. Тарасов С.Н. Новый алгоритм прямого аналитического нахождения по экспериментальным данным параметров q_1 и q_2 обобщающей эмпирической модели [Текст]/ С.Н. Тарасов, В.Ф. Осинин, В.Н. Малыш // Вестник Липецкого Государственного Педагогического Университета. Серия: МИФЕ. – Липецк: ЛГПУ, 2015. – Вып. 1(16). – С. 64-70.

Личный вклад автора. Автором диссертации самостоятельно выполнено исследование в соответствии с задачами, поставленными научным руководителем: исследовано среднее число выбросов огибающей АРП [1, 10]; исследованы наиболее известные математические модели представления функции распределения атмосферного радишума [2, 3, 7]; разработан алгоритм трансформации распределения вероятностей огибающей атмосферных радишумов из одной полосы в другую с использованием обобщающей эмпирической модели [4]; разработана

программа проверки верности показаний анализатора в режиме определения средней длительности выбросов [5]; разработана программа проверки верности показаний анализатора в режиме определения среднего числа выбросов [6]; исследованы статистические свойства грозовых радиошумов в центральном Черноземье [8]; разработан алгоритм и программный комплекс оперативного контроля качества функционирования ИИС на фоне АРП [9]; разработана формула представления амплитудного распределения средней длительности выбросов огибающей АРП [11]; разработан алгоритм прямого аналитического нахождения по экспериментальным данным параметров ОЭМ [12].