



«УТВЕРЖДАЮ»
Проект по научной работе и инновациям
ФГБОУ ВО «Рязанский государственный
радиотехнический университет»
д.т.н. С. И. Гусев

2018 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации – ФГБОУ ВО «Рязанский государственный радиотехнический университет» на диссертацию И. П. Гресья «Статистический анализ улучшенного энергетического обнаружения сигналов в негауссовском шуме», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.03 – Радиофизика

Актуальность темы диссертационной работы

Обнаружение сигналов в шуме является одной из важнейших задач статистической радиофизики. Структурная схема обнаружителя состоит из каскадно соединенных вычислителя статистики обнаружения и порогового устройства. Структура вычислителя статистики определяется имеющейся априорной информацией об обнаруживаемом сигнале и шуме. В задачах, возникающих при создании современных систем связи, таких как когнитивное радио, априорная информация о сигналах и шумах отсутствует, что не позволяет реализовать максимально правдоподобный обнаружитель. Для обнаружения сигналов в таких условиях часто применяется энергетический обнаружитель, который требует минимальных знаний о законах распределения сигналов и шумов и обладает простой структурой. Однако, энергетический обнаружитель является неоптимальным при наблюдении сигналов в негауссовском шуме. Негауссовский вид плотности распределения вероятности шума может быть обусловлен, например, импульсными или индустриальными шумами, а также может быть создан преднамеренно. Одним из подходов в решении задачи повышения эффективности обнаружения является модификация энергетического обнаружителя для повышения эффективности обнаружения без существенного усложнения структуры обнаружителя. В силу вышесказанного, диссертационная работа, посвященная улучшенному энергетическому обнаружению сигналов на фоне негауссовского шума, является актуальной и представляет научный интерес.

Научная новизна исследований и полученных результатов

Автором в диссертационной работе получены важные научные результаты, среди которых нужно выделить следующие:

- получены новые выражения для характеристик улучшенного энергетического обнаружения гауссовского случайного сигнала, наблюдаемого на фоне негауссовского шума;
- исследована эффективность энергетического обнаружителя в зависимости от параметров обнаружителя, сигнала и шума; показано, что изменение параметров обнаружителя в ряде случаев позволяет значительно повысить эффективность обнаружения;
- впервые рассмотрено влияние замираний сигнала, определяемых моделями Накагами, k - μ , η - μ , на характеристики улучшенного энергетического обнаружения

гауссовского случайного сигнала в негауссовском шуме, позволяющие количественно оценить эффективность обнаружения при заданных параметрах замираний;

– проведен анализ способа повышения эффективности улучшенного энергетического обнаружения сигналов посредством применения разнесенного приема и получены новые аналитические выражения для характеристик обнаружения в этом случае;

– впервые проведен анализ эффективности улучшенного энергетического обнаружения при наличии априорной неопределенности относительно мощности шума.

Обоснованность научных положений и достоверность выводов диссертационной работы

Обоснованность научных положений обусловлена корректным применением теории вероятностей, статистической радиофизики, математического анализа, а также компьютерного моделирования. Достоверность результатов диссертационного исследования подтверждается согласованием результатов расчетов по полученным в работе аналитическим формулам с результатами статистического моделирования на ЭВМ, а также апробацией полученных результатов в научной печати и в докладах на научных конференциях.

Практическая значимость диссертационной работы

Результаты анализа эффективности улучшенного энергетического обнаружения сигналов в негауссовском шуме, проведенного в диссертации, могут быть использованы для нахождения оптимального значения показателя степени обнаружителя, а также для определения требуемого для достижения заданной эффективности обнаружения отношения сигнал-шум в условиях априорной неопределенности относительно дисперсии шума и замираний обнаруживаемого сигнала. Полученные характеристики могут применяться при построении новых эффективных систем обнаружения сигналов в условиях неполной априорной информации о параметрах принимаемого сигнала и шума, а также при ограниченной производительности сигнального процессора. В целом основные результаты диссертации Гресь И. П. представляются значимыми для теории и практических приложений радиофизики.

Опубликование и апробация результатов диссертационной работы

Основные результаты работы опубликованы в 14 научных работах, в числе которых 7 статей в изданиях, рекомендованных ВАК РФ, получено 1 свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Кроме того, основные результаты диссертационного исследования докладывались и обсуждались на следующих всероссийских и международных научных конференциях: XIX и XX Международных научно-технических конференциях «Радиолокация, навигация, связь» (г. Воронеж, 2013 г., 2014 г.), 14-й и 15-й Международных научно-методических конференциях «Информатика: проблемы, методология, технологии» (г. Воронеж, 2014 г., 2015 г.), 2-й межвузовской научно-практической конференции курсантов и слушателей «Молодежные чтения памяти Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж, 2015 г.) и X Всероссийской научно-технической конференции «Радиолокация и радиосвязь» (г. Москва, 2016 г.).

Анализ и оценка содержания диссертационной работы

В первой главе диссертационной работы приведена решающая статистика улучшенного энергетического обнаружителя сигналов, которая получается из решающей статистики традиционного энергетического обнаружителя заменой

операции возведения в квадрат на возведение в некоторую произвольную степень. Рассмотрена задача обнаружения сигналов в негауссовском шуме, описываемом полигауссовой моделью, с использованием улучшенного энергетического обнаружителя. С помощью производящей функции моментов аналитически найдены характеристики улучшенного энергетического обнаружения гауссовского случайного сигнала в полигауссовском шуме. Полученные выражения позволяют определить наилучшее, оптимальное в смысле минимума вероятности ошибки второго рода при заданной вероятности ошибки первого рода, значение показателя степени обнаружителя для конкретных параметров шумовой модели. Проведено сравнение эффективности максимально правдоподобного, энергетического и улучшенного энергетического алгоритмов обнаружения сигналов в полигауссовском шуме и выявлены причины более высокой эффективности улучшенного энергетического обнаружителя по сравнению с энергетическим.

Вторая глава посвящена обнаружению сигналов с использованием улучшенного энергетического обнаружителя на фоне негауссовского шума, описываемого другой моделью, а именно моделью обобщенного гауссовского шума. С применением производящей функции моментов аналитически получены выражения для вероятности ошибки первого рода улучшенного энергетического обнаружителя сигналов в обобщенном гауссовском шуме, позволяющие определить порог обнаружения для заданной вероятности ошибки первого рода. Определены оптимальные значения показателя степени, используемого в обнаружителе, которые могут быть как больше, так и меньше двух в зависимости от параметров шума. Произведено сравнение эффективности максимально правдоподобного, энергетического и улучшенного энергетического обнаружителей сигналов на фоне обобщенного гауссовского шума.

В третьей главе диссертации рассмотрено влияние замираний сигналов на эффективность улучшенного энергетического обнаружения в негауссовых шумах. Найдены аналитические выражения для вероятности правильного обнаружения замирающего сигнала в полигауссовском шуме, с помощью которых можно количественно оценить ухудшение эффективности обнаружения при замираниях, описываемых моделями $k\text{-}\mu$, $\eta\text{-}\mu$ и Накагами. Вероятность правильного обнаружения замирающих сигналов в обобщенном гауссовском шуме определена с помощью статистического моделирования. Проведен анализ эффективности обнаружения замирающих сигналов с использованием схем разнесенного приема, в результате которого получены аналитические выражения для характеристик обнаружения. Использование указанных выражений позволяет рассчитать выигрыш в эффективности обнаружения при увеличении числа ветвей схемы разнесенного приема.

В четвертой главе исследовано обнаружение сигналов с использованием улучшенного энергетического обнаружителя при неизвестной дисперсии негауссовского шума. С использованием полученных в диссертационной работе аналитических выражений и статистического моделирования исследована эффективности обнаружения сигналов в негауссовском шуме в условиях априорной неопределенности, а также рассмотрена зависимость эффективности от длительности обучения.

Таким образом, содержание диссертации соответствует заявленной теме, а сама диссертация представляет собой законченную научно-исследовательскую работу. Полученные автором результаты характеризуются научной ценностью и практической значимостью. Стиль изложения и оформление работы соответствуют общепринятым нормам.

Автореферат правильно отражает основные положения, полученные в диссертации.

Замечания по диссертации и автореферату

1. Среди использованных источников отсутствуют работы отечественных авторов, посвященные обнаружителям сигнала на фоне негауссовских помех с использованием безынерционных нелинейных преобразователей, например ранние труды Ю.Г. Сосулина, а также работы В. Г. Валеева, О.Е. Антонова.
2. Известны оптимальные и квазиоптимальные обнаружители на фоне некоррелированного негауссовского шума (монография Ю.Г. Сосулина, с. 152), однако в диссертации не проведено сравнение эффективности указанных обнаружителей и предложенного автором улучшенного энергетического обнаружителя.

Заключение по диссертационной работе

Отмеченные недостатки не снижают научной и практической ценности диссертации в целом, которая выполнена на достаточно высоком научном уровне и заслуживает хорошей оценки.

Диссертационная работа Гресья И. П. «Статистический анализ улучшенного энергетического обнаружения сигналов в негауссовском шуме» удовлетворяет требованиям, предъявляемым ВАК РФ к кандидатским диссертациям, ее содержание соответствует специальности 01.04.03 – «Радиофизика», а Гресь Иван Павлович заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.03 – Радиофизика.

Отзыв ведущей организации на диссертацию обсужден и одобрен на заседании кафедры радиотехнических устройств федерального бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Рязанский государственный радиотехнический университет», протокол № 9 от 21 марта 2018 г.

Заведующий кафедрой радиотехнических устройств,
доктор технических наук, профессор
Паршин Юрий Николаевич

Подпись Ю.Н. Паршина удостоверяю
Ученый секретарь Ученого Совета
Рязанского государственного радиотехнического университета,
к.т.н., доцент

B.N.Пржегорлинский



Почтовый адрес: 395005, г. Рязань, ул. Гагарина, 59/1,
ФГБОУ ВО Рязанский государственный радиотехнический университет,
Телефон: 8-4912-46-03-48
e-mail: rtu@rsreu.ru