

## Отзыв

на автореферат диссертации Виталия Игоревича Строкова  
“Развитие методов обработки сложных сигналов в системах радиолокации»,  
представленной к защите на соискание ученой степени  
кандидата физико-математических наук  
по специальности 01.04.03 –радиофизика.

В настоящее время в системах локации, в частности, в задаче радиозондирования ионосферы Земли начинают широко использоваться широкополосные, и даже сверхширокополосные сигналы. Их цифровая обработка позволяет получать узкие корреляционные функции, обеспечивающие высокое разрешение, зачастую превышающее классическое с простым гладким импульсным сигналом, мод по групповому запаздыванию при существенном, на порядки, понижении мощности излучения. В настоящей работе основной целью диссертационной работы является задача оценки параметров сложных сигналов в области их неортогональности, когда два сигнала не разрешаются в классическом понимании разрешающей способности используемого метода (критерий Рэлея). В применении к радиозондированию ионосферы такая ситуация возникает при сближении групповых путей магнитоионных компонент волнового поля зондирующего сигнала. Также полученные результаты по адаптивной фильтрации сложных сигналов могут быть полезны в задаче внешнего или трансionoсферного (спутникового) радиозондирования ионосферы, когда мощность излучения лимитирована критериями электромагнитной совместимости систем на космическом аппарате и прием осуществляется при невысоких соотношениях сигнал/шум. В связи с этим тематика настоящей работы является актуальной и вполне востребованной.

В диссертационной работе автор последовательно решает задачу выделения сложного сигнала (сигналов) на фоне шумов и сосредоточенных импульсных помех. В первой главе рассматривается математический аппарат цифровой обработки на основе теории оптимального приема и вводятся дополнительные критерии отбора решения – минимальные значения преобразованного функционала правдоподобия. В работе впервые обращено

внимание на то, что в глобальном минимуме поверхности функционала правдоподобия имеется возможность оценок всех параметров совокупности сигналов. В связи с этим можно получить разрешение целей (мод) более высокое, чем рэлеевское. Данный результат диссертационной работы является фундаментальным. Он существенно развивает положения теории оптимального приема, создавая возможность решения статистических задач радиотехники в области неортогональности сигналов даже в условиях частичной корреляции сигнала и помехи. Также следует отметить результат, связанный с установленным пределом разрешения мод волнового поля (вместо предела Рэлея). Он определяется как отношением сигнал/шум, так и рабочей областью изменения нормированного коэффициента корреляции между сигналами от нуля до значения 0.9.

Математическое моделирование теоретических представлений задачи выделения сложных сигналов представлено во второй главе, а практические приложения, в частности, к задаче вертикального радиозондирования (ВЗ) ионосферы с применением фазо-кодо-манипулированных (ФКМ) сигналов рассматриваются в третьей главе. Наиболее важные результаты практического применения: устойчивое разделение магнитоионных компонент с эллиптической поляризацией, выделение сигнала из фоновых электромагнитных шумов и помех и, как следствие, значительное улучшение качества представления и интерпретации ионограмм ВЗ ионозонда "Вектор".

Имеются некоторые дискуссионные замечания по представленным в автореферате результатам:

1. Слишком много пунктов в разделе о научной новизне и научных результатах.
2. Желательно бы привести иллюстративный материал по практическому применению теоретических разработок автора.

В целом, диссертационная работа соответствует квалификационным требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, ее основные результаты достаточно полно опубликованы в реферируемых научных изданиях.

Автор работы, Строков Виталий Игоревич, вполне заслуживает присвоения ученой степени кандидата физико–математических наук по специальности 01.04.03 - радиоп физика.

Зав. лабораторией моделирования волновых полей в ионосфере  
ФГБУН Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н.В.Пушкова РАН (ИЗМИРАН)

докт. физ.-мат. наук,  
01.04.03 - радиоп физика



И.В. Крашенинников

108840, г. Москва, г. Троицк, Калужское шоссе, 4, ИЗМИРАН

Тел. +7(495)8510279 e-mail: krash@izmiran.ru.

Подпись Игоря Васильевича Крашенинникова заверяю

Директор ИЗМИРАНА  
доктор физ.-мат. наук



В.Д. Кузнецов

“ 08 ” августа 2016 г.