

## ОТЗЫВ

официального оппонента Виноградова Александра Георгиевича

о диссертации Кандаурова Николая Александровича на тему:  
«Сигнально-кодовые конструкции для низкоэнергетических широкополосных  
радиолиний декаметрового диапазона»,  
представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук  
по специальности 05.12.13 – Системы, сети и устройства телекоммуникаций

### **Актуальность темы исследования.**

Последнее время наблюдается повышенный интерес к декаметровой связи, как к важнейшему резервному виду связи. Декаметровая радиосвязь обеспечивает уникальную возможность оперативно и с минимальными затратами организовать связь между абонентами, удаленными на тысячи километров. В ограниченном декаметровом диапазоне в настоящее время работает множество источников сигналов. Решением задачи по снижению влияния интерференции между сигналами от различных радиосредств является использование сигналов с низким уровнем спектральной плотности мощности, однако такой подход приводит к расширению спектра сигнала сверх полосы когерентности ионосферного канала и тем самым к влиянию дисперсионных искажений на качество приема.

Частотная дисперсия в ионосферном канале приводит к искажениям формы широкополосного сигнала. Известными методами прием такого искаженного сигнала возможен только при существенном увеличении мощности передатчика с целью компенсации энергетических потерь.

Результаты экспериментов некоторых авторов показали, что использование широкополосных шумоподобных сигналов возможно лишь при одновременной оценке и корректировке частотной характеристики ионосферного канала. При этом возникает необходимость в наличии ионозонда, работа которого увеличивает длительность сеанса связи и может создавать помехи другим системам связи.

Недостатком декаметровой связи является возможность приема отраженных от ионосферы радиосигналов в различных точках всего земного шара. Таким образом передаваемая информация широко доступна, что влечет проблемы в обеспечении конфиденциальности передаваемых данных. Для решения этой проблемы актуально

использовать (помимо криптографических средств защиты) повышение энергетической и структурной скрытности.

Таким образом, актуальными становятся задачи разработки методов компенсации дисперсионных искажений по информационному сигналу и методов повышения энергетической и структурной скрытности.

**Научная новизна** диссертационной работы состоит в предложенном алгоритме повышения структурной скрытности радиолинии, основанном на использовании новых двоичных нелинейных псевдослучайных последовательностей и алгоритма формирования радиограммы. Предложен алгоритм обнаружения и приема широкополосных фазоманипулированных сигналов со следящим компенсатором дисперсионных искажений. Предложена новая сигнально-кодовая конструкция, позволяющая повысить энергетическую и структурную скрытность радиолиний.

**Теоретическая значимость** заключается в разработке алгоритма приема сигналов с компенсацией дисперсионных искажений и алгоритма повышения скрытности. Полученные в работе научные результаты позволяют предложить технические решения для создания помехоустойчивой широкополосной декаметровый радиолинии с повышенной энергетической и структурной скрытностью.

**Практическая значимость** работы заключается в том, что полученные в работе научные результаты позволяют:

расширить полосу сигналов сверх полосы когерентности для передачи данных через широкополосный ионосферный канал за счет компенсации дисперсионных искажений;

используя предложенные алгоритмы, компенсировать до 7 дБ энергетических потерь из-за дисперсионных искажений при полосе сигнала 400 кГц;

повысить энергетическую и структурную скрытность радиолиний;

#### **Достоверность результатов.**

В исследовании использованы методы теории статистической радиотехники, теории информации, теории вероятностей и математической статистики, имитационного компьютерного моделирования. Основные научные положения, выводы и рекомендации диссертации представляются вполне обоснованными. Достоверность проведенных соискателем исследований подтверждается корректностью применения математического



аппарата и согласованностью результатов, полученных с помощью разработанных методик, с результатами теоретического анализа, имитационного моделирования и натурных испытаний. Полученные результаты обсуждались со специалистами на научных конференциях. Материалы диссертационной работы доложены и одобрены на 5 международных научно-технических конференциях. Основные результаты опубликованы в 5 статьях в рецензируемых журналах, входящих в перечень ВАК. По результатам диссертационной работы получено 8 свидетельств о государственной регистрации программ для ЭВМ.

#### **Замечания по диссертационной работе.**

1. В диссертации не рассмотрены варианты аппаратной реализации предложенных алгоритмов.
2. Не указано насколько возрастают вычислительные затраты при увеличении разрядности кодового символа.
3. Не полностью перечислены параметры модели ионосферного канала, используемой при имитационном моделировании.
4. В Заключение диссертации не приведены направления дальнейших исследований.

#### **Общая оценка диссертации, ее завершенности и рекомендации по использованию результатов.**

Представленная диссертация является законченной научно-исследовательской работой. Работа выполнена изложена на достаточно высоком научном уровне. Автореферат диссертации адекватно отражает содержание исследования, четко формулирует его основные положения и выводы. Предложенные методы повышения энергетической и структурной скрытности радиолинии могут быть использованы при разработке новых радиолиний. Алгоритм компенсации дисперсионных искажений может быть использован в высокоскоростных радиолиниях.

#### **Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней**

Вышеизложенное дает основание считать, что представленная диссертационная работа полностью удовлетворяет требованиям ВАК при Минобрнауки России, предъявляемым к квалификационным работам на соискание ученой степени кандидата

технических наук, соответствует пунктам 8 и 10 паспорта специальности 05.12.13 - Системы, сети и устройства телекоммуникаций, и ее автор, Кандауров Николай Александрович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.13 – Системы, сети и устройства телекоммуникаций.

Официальный оппонент



Виноградов Александр Георгиевич

Кандидат физико-математических наук по специальности 01.04.12 – «Геофизика», старший научный сотрудник, начальник отдела перспективных исследований и направлений АО «Радиотехнический институт академика А.Л. Минца».

Адрес: 127083, Москва, 8-го Марта ул., д. 10, стр. 1.

Тел: +7(916) 732-05-82

E-mail: vinogradov@rti-mints.ru

Подпись Виноградова А.Г. заверяю

Ученый секретарь АО «Радиотехнический институт академика А.Л. Минца», д.т.н.



Д.И. Буханец