

## ОТЗЫВ

специалистов ФАУ «ГНИИИ ПТЗИ ФСТЭК России» на автореферат диссертации Белоконя Дмитрия Александровича «Параметрический синтез декаметрового канала связи с цифровыми сигналами в условиях диффузной ионосферы», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.1 «Системный анализ, управление и обработка информации, статистика» (технические науки)

Диссертационная работа Белоконя Д.А. посвящена одному из важных и **актуальных** вопросов обеспечения качества радиосвязи, а именно – повышению надежности каналов связи декаметрового (ДКМ) диапазона длин волн с цифровыми видами модуляции в условиях диффузности ионосферы. Данная работа развивает существующий методический аппарат синтеза и оценки надежности каналов связи ДКМ диапазона.

Судя по автореферату, основные **новые научные результаты**, полученные в диссертации, заключаются, по нашему мнению, в следующем.

1. Разработана методика оценки надежности ДКМ канала связи с сигналами BFSK с райсовскими замираниями в зависимости от выбора отношения рабочей частоты к максимальной принимаемой частоте (МПЧ) при повышенных требованиях к помехоустойчивости ( $P_{\text{ош.доп}}=10^{-5}$ ) с учетом диффузности ионосферы, которая **отличается от известных** тем, что позволяет более достоверно оценить надежность связи, поскольку в однолучевом ДКМ канале преобладают райсовские замирания сигнала.

2. Разработана методика оценки надежности ДКМ канала связи при разнесенном приеме сигналов с цифровыми видами модуляции (M-PSK, M-QAM) с различной кратностью модуляции с райсовскими замираниями в зависимости от выбора отношения рабочей частоты к МПЧ при допустимой вероятности ошибки ( $P_{\text{ош.доп}}=10^{-5}$ ) с учетом диффузности ионосферы, которая **отличается от известных** тем, что позволяет учесть влияние диффузности ионосферы при оценке надежности ДКМ канала связи с многократными цифровыми сигналами.

3. Разработана методика выбора параметров ДКМ канала связи для обеспечения требуемой надежности связи, которая **отличается от известных** тем, что позволяет осуществить многопараметрическую адаптацию ДКМ канала связи за счет выбора: отношения рабочей частоты к МПЧ, вида и кратности модуляции, характеристик разнесения приемных антенн (количества и дистанции допустимого разноса приемных антенн).

4. На основе развития существующего методического аппарата синтеза и оценки надежности каналов связи ДКМ диапазона **впервые** доказана возможность обеспечения требуемой надежности связи в однолучевом ДКМ канале ( $D_{\text{св.тр}}=0,85$  при  $P_{\text{ош.доп}}=10^{-5}$ ) с многократными цифровыми сигналами (M-PSK, M-QAM) в условиях диффузности ионосферы. Результаты зондирования уровня диффузности ионосферы и применения разработанной методики выбора

параметров ДКМ канала связи позволяют в условиях сильной диффузности ионосферы обеспечить повышение надежности ДКМ канала связи с многократными цифровыми сигналами на 55...64 % за счет разнесенного приема на  $n=2-4$  антенны и на 11...16 % за счет выбора кратности ( $M$ ) и вида модуляции.

**Практическая значимость** результатов диссертационного исследования заключается в том, что разработанные методики позволяют выработать практические рекомендации по выбору параметров ДКМ каналов связи с цифровыми сигналами для обеспечения требуемой надежности связи в условиях диффузности ионосферы.

Отмечаем достаточно **широкую апробацию** результатов диссертационного исследования на 4-х научно-технических конференциях различных рангов (международных, региональных).

**Замечания по работе:**

не приведены границы применимости используемого метода исследования состояния ионосферы (с помощью сигналов спутниковых навигационных систем) к каналам связи ДКМ диапазона;

вероятность многолучевого распространения (типичное явление для трасс протяженностью 1000...2000 км) не учтена в выражениях для определения параметров канала при заданной надежности связи;

неясно, почему автор не рассмотрел возможность применения сигналов, формируемых с использованием мультиплексирования с ортогональным частотным разделением для снижения влияния замираний сигнала;

приведенный на рис. 6 автореферата алгоритм выбора параметров канала связи имеет ряд недостатков, в частности:

- не указан критерий выбора конкретного вида цифровой модуляции сигнала и его параметров;

- если параметр надежности канала связи для сигналов частотной манипуляции будет удовлетворять условию  $D_{\text{свBFSK}} \geq 0,85$  (блок 14), то вычисления  $D_{\text{свQAM}}$  и  $D_{\text{свFSK}}$ , судя по блок-схеме, производиться не будут, хотя указанные виды цифровой модуляции более эффективны;

- в алгоритме отсутствует перезапуск вычислений при утрате актуальности полученных параметров синтезированного канала.

Вместе с тем, указанные замечания не влияют на общую положительную оценку работы.

Судя по автореферату, диссертационная работа в целом соответствует критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней. В ней приведены результаты решения научной задачи синтеза и оценки надежности каналов радиосвязи ДКМ диапазона, актуальной для области радиосвязи с цифровыми видами модуляции в условиях диффузности ионосферы. В связи с этим, автор диссертации, – Белоконь Дмитрий Александрович, – **заслуживает**, по нашему мнению, присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.1 «Системный анализ, управление и обработка информации, статистика» (технические науки).

Мы, Авдеев Владимир Борисович и Денисенко Николай Геннадьевич, даем свое согласие на включение наших персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

Главный научный сотрудник Центра  
ФАУ «ГНИИИ ПТЗИ ФСТЭК России»,  
доктор технических наук, профессор  
« 29 » октября 2025 г.

Авдеев  
Владимир Борисович

Ведущий инженер подразделения Центра  
ФАУ «ГНИИИ ПТЗИ ФСТЭК России»  
кандидат технических наук  
« 29 » октября 2025 г.

Денисенко  
Николай Геннадьевич

Подписи Авдеева В.Б. и Денисенко Н.Г. заверяю.

Ученый секретарь  
ФАУ «ГНИИИ ПТЗИ ФСТЭК России»  
кандидат технических наук,  
старший научный сотрудник  
« 29 » октября 2025 г.

Паринов  
Игорь Васильевич



Федеральное автономное учреждение «Государственный научно-исследовательский испытательный институт проблем технической защиты информации Федеральной службы по техническому и экспортному контролю» (ФАУ «ГНИИИ ПТЗИ ФСТЭК России»). Почтовый адрес: 394020, г. Воронеж, ул. 9 Января, д. 280а.  
Телефон: 8 (473) 257-92-58  
Адрес электронной почты: gniii@fstec.ru