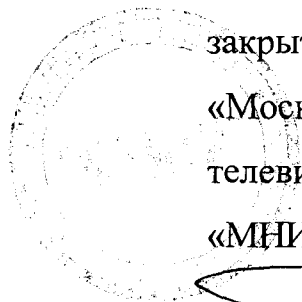


**«Утверждаю»**

Заместитель генерального директора  
закрытого акционерного общества  
«Московский научно-исследовательский  
телевизионный институт» (ЗАО  
«МНИТИ»)



к.т.н. А.Г. Барсуков

«10» ноября 2017 г.

### **ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ**

на диссертационную работу Левченко Андрея Сергеевича на тему  
«Разработка методов повышения эффективности передающих и приемных  
средств цифровых радиосистем передачи данных»  
на соискание степени кандидата технических наук по  
специальности: 05.12.04 - Радиотехника, в том числе системы и устройства  
телевидения.

В диссертационной работе А.С. Левченко рассмотрено два метода повышения эффективности радиосистем передачи данных сигналами с ортогональным частотным мультиплексированием (OFDM): снижение пик-фактора OFDM-сигнала на входе усилителя мощности передатчика и снижение уровня мультипликативных шумов в приемном устройстве. Работа, в основном, направлена на дальнейшее совершенствование российской цифровой системы РАВИС.

Вход. № 165/17  
« 17 » 11 2017 г.  
подпись

OFDM-модуляция является современным мощным средством создания радиосистем различного назначения. Практически все радио- и телевещательные системы используют этот метод модуляции. Знаменательно, что и Соединенные Штаты Америки при переходе к новому телевизионному стандарту ATSC-3.0 использовали на физическом уровне OFDM, отказавшись от модуляции 8VSB. (восьмиуровневая амплитудная модуляция с частично подавленной боковой полосой). Продолжаются также работы по созданию систем коротковолновой связи и радиорелейных линий с применением ортогонального частотного мультиплексирования.

Наряду с таким неоспоримым преимуществом OFDM, как борьба с многолучевостью и более действенный способ устранения межсимвольной интерференции, характерными для наземных линий радиосвязи, система имеет свойственные ей недостатки.

Одним из них является большое значение пик-фактора OFDM-сигнала, что, в первую очередь, существенно сказывается на КПД передающих устройств радиолиний. Так, например, повышение КПД передатчиков российского первого мультиплекса цифрового телевизионного вещания всего на 1% дает годовую экономию примерно 15 млн. руб.

Основной задачей данной работы является совершенствование методов снижения пик-фактора при произвольном количестве несущих в сигнале и повышение надежности приема в системах вещания с ограниченной полосой канала.

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения и двух приложений.

Во **Введении** автор аргументирует актуальность представленной работы, формулирует цели диссертации, а также основные положения, выносимые на защиту. Приводится собственная оценка научной новизны, а также теоретической и практической значимости выполненных исследований.

В **Первой** главе автор приводит обзор современных цифровых систем радиопередачи данных. Автор подробно анализирует метод модуляции

OFDM, международные стандарты DVBT-2, ISDB-T, DTMB-A, DRM+, а также национальный стандарт РАВИС. В выводах к главе подчеркиваются некоторые недостатки цифровых систем, построенных на основе перечисленных стандартов.

**Вторая глава** посвящена анализу существующих методов снижения пик-фактора в многочастотных системах передачи данных. В настоящее время существует около десятка предложенных способов снижения пик-фактора, которые используются в зависимости от поставленных целей такого снижения. Анализ различных методов проведен автором с критическим уклоном и, в первую очередь, применительно к системам с относительно узкой полосой канала (РАВИС, DRM).

В выводах ко второй главе наибольшее внимание уделяется таким методам снижения пик-фактора, как метод селективных отображений, метод резервирования тона и метод активного расширения созвездия.

**В Третьей главе** автор переходит к сравнительному рассмотрению различных методов снижения пик-фактора применительно к системе РАВИС с шириной канала от 100 кГц до 1000 кГц для нескольких типов созвездия. Автором предложены модифицированный метод резервирования тона, дающий лучшее снижение пик-фактора, чем классический метод, за счет использования внеполосных резервированных несущих с пониженным уровнем амплитуды, а также двухступенчатый метод снижения пик-фактора для системы РАВИС в виде комбинации трех способов снижения пик-фактора. Это позволяет получить наилучшие показатели по снижению пик-фактора для каналов различной ширины. В главе приводятся подробные результаты моделирования.

**В Четвертой главе** изложены материалы разработки автором OFDM демодулятора с мягкой демодуляцией, позволяющего снизить вероятность ошибки при приеме сигнала в многолучевом канале за счет учета мультипликативной составляющей ошибки. Показано, что при этом можно

получить выигрыш примерно 0,5 дБ при вероятности битовой ошибки  $10^{-4}$ . Выигрыш не очень большой, но зато практически не требует дополнительных затрат вычислительной мощности демодулятора. На предложенный способ приема сигнала OFDM подана заявка на получения патента Российской Федерации.

В **Приложении А** приведено два Акта внедрения основных результатов диссертационной работы.

В **Приложении Б** приведена копия заявки на патент «Способ совместной оценки канала связи и мягкой демодуляции для COFDM-сигналов и устройство для его реализации» от 28.12.2016 г.

В представленной работе автор опирается на фундаментальные основы теории вероятностей и математической статистики, методы цифровой обработки сигнала, методы компьютерного моделирования и др.

К недостаткам диссертационной работы следует отнести:

- несколько избыточной представляется первая обзорная глава диссертации;
- отсутствие показателей повышения эффективности для системы РАВИС или DRM от достигнутого снижения пик-фактора;
- отсутствие показателей повышения эффективности для системы РАВИС от использования предлагаемого модифицированного модулятора.

Список использованной литературы включает 93 наименования. По материалам диссертации автором опубликовано 8 работ, из них 6 – без соавторов. 3 работы опубликовано в изданиях из перечня рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук.

Судя по материалам диссертации и публикациям, результаты работы являются личным вкладом автора.

Многие выводы, полученные автором в ходе исследований, представляют интерес не только для систем РАВИС или DRM, но и для других радиосистем с использованием сигналов COFDM и при других

значениях полосы канала (в том числе, с полосой менее 100 кГц). В этом заключается практическая ценность диссертационной работы.

Полученные при моделировании результаты совпадают с теоретическими выводами автора, что позволяет утверждать о достоверности научных положений и рекомендаций.

Автореферат достаточно полно отражает основные положения диссертации

Несмотря на отмеченные выше недостатки, в целом диссертация Левченко А.С. на тему «Разработка методов повышения эффективности передающих и приемных средств цифровых радиосистем передачи данных», является законченным научно-квалификационным исследованием, соответствует Положению о порядке присуждения ученых степеней, заслуживает положительной оценки, а ее автор заслуживает присвоения ученой степени кандидата технических наук по специальности: 05.12.04 - Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения.

Диссертация и отзыв обсуждены и одобрены на заседании научно-технического совета ЗАО «МНИТИ» 9 ноября 2017 года, протокол № 20/17

Отзыв составил                      Главный эксперт Московского научно-исследовательского телевизионного института, доктор технических наук, профессор, Лауреат Ленинской премии и премии Правительства Российской Федерации в области науки и техники



Калью Иванович Кукук

Сведения об организации:

Закрытое акционерное общество «Московский научно-исследовательский телевизионный институт» (ЗАО «МНИТИ»).

Адрес: 105094, Россия, г. Москва, ул. Гольяновская, д. 7а, стр. 1.

Тел.: +7 (499) 763-45-42

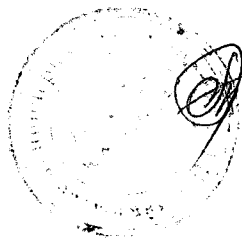
Факс: +7 (499) 763 44 81

Веб-сайт: [www.mniti.ru](http://www.mniti.ru)

E-mail: [mniti@mniti.ru](mailto:mniti@mniti.ru)

Подпись руки Кукка Калью Ивановича, подтверждаю

Начальник отдела кадров ЗАО «МНИТИ»



Ушакова Т.В.