

ОТЗЫВ

официального оппонента

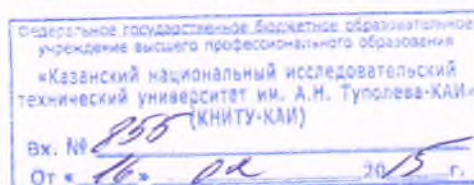
на диссертацию Нургазизова Марата Ринатовича
«Оптико-электронные системы измерения мгновенной частоты радиосигналов СВЧ-диапазона на основе амплитудно-фазового модуляционного преобразования оптической несущей», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.11.07 – Оптические и оптико-электронные приборы и комплексы

На оппонирование представлены:

- диссертация на 166 страницах с 64 рисунками, 3 таблицами, списком использованных источников из 118 наименований;
- 16 печатных работ, выполненных при непосредственном участии автора, из которых 5 опубликованы в журналах, рекомендованных ВАК РФ, 4 включены в базу данных цитирования Scopus и Web of Science, 2 – патенты РФ на полезную модель и изобретение;
- автореферат объемом один авторский лист.

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность. Радиофотоника – междисциплинарная область науки, изучающая вопросы применения и обработки радиотехнических сигналов в оптическом диапазоне с использованием элементной базы интегральной и волоконной оптики. Исторически зарождению радиофотоники способствовали с одной стороны развитие методов СВЧ модуляции и демодуляции оптической несущей в системах связи, с другой возможность мониторинга твердотельных СВЧ



приборов и микросхем с помощью оптического излучения. Современные методы и средства обработки радиосигналов в оптическом диапазоне длин волн применяются в различных радиотехнических системах оборонного назначения: РЛС предупреждения, разведки наземных и бортовых средств, радиоэлектронной борьбы и связи. К функциям передачи, приема и обработки информации в системах радиофотоники относятся: генерации несущих частот, полигармонических и многочастотных излучений, их передачи по оптическому волокну и преобразования; измерения мгновенной частоты и фильтрации радиосигналов и др. Системы радиофотоники широко используются и в системах связи, в которых также актуально стоит задача измерения мгновенной частоты радиосигналов.

Создание радиотехнических систем (РТС) для этих задач до недавнего времени было чрезмерно дорогостоящим решением, в том числе и в смысле затрат на обслуживание и эксплуатацию таких систем. Дело в том, что традиционные РТС, как правило, используют в своем составе узкополосные фазовые дискриминаторы. Кроме того, условия эксплуатации РТС достаточно жестко ограничены по параметрам окружающей среды, в том числе электромагнитных помех. Именно поэтому в последнее время интенсифицировались работы по созданию оптико-электронных систем (ОЭС) измерения мгновенной частоты радиосигналов (ИМЧР) СВЧ-диапазона, которые в большинстве случаев лишены указанных недостатков. Их главными достоинствами являются потенциально высокая точность и разрешающая способность измерений, широкий диапазон измерительного преобразования, нечувствительность к электромагнитным помехам, возможность работы в различных климатических и высотных условиях. В этой связи разработка ОЭС ИМЧР представляется важной и актуальной задачей.

Одними из наиболее перспективных ОЭС ИМЧР являются системы на основе измерительного преобразования «частота-амплитуда» в волоконно-оптических брэгговских решетках (ВБР). Именно они позволяют реализовать в полной мере указанные выше преимущества. Несмотря на значительные успехи, достигнутые в результате выполнения этих работ, особенно в плане разра-

ботки методов линеаризации измерительного преобразования, до настоящего времени не разработаны методика и алгоритмы синтеза измерительной системы, что связано в первую очередь с использованием сложной и дорогостоящей широкополосной аппаратуры для электрооптического и оптикоэлектронного преобразований, малой разрешающей способностью измерений в области нижней границы диапазона измеряемых частот, отсутствием алгоритмической модели ОЭС ИМЧР для реализации внутрисистемного мониторинга, который как правило требует формирования специальных каналов, отличных по природе или по структуре зондирующего излучения от измерительного.

На решение указанных задач и направлена настоящая диссертационная работа, которая проводилась на основе научно-исследовательских работ, выполняемых в КНИТУ-КАИ.

Учитывая вышесказанное, тема диссертации М.Р. Нургазизова, посвященная разработке оптико-электронных систем измерения мгновенной частоты радиосигналов СВЧ-диапазона на основе амплитудно-фазового модуляционного преобразования оптической несущей, используемых в комплексах экологического и технического мониторинга, телекоммуникационных услуг, обеспечения обороноспособности страны, является, несомненно, актуальной.

Научная новизна результатов. Цель диссертации фактически состоит в разработке новой элементной и методологической базы и архитектуры оптико-электронных систем измерения мгновенной частоты радиосигналов СВЧ-диапазона, использующих особенности и преимущества амплитудно-фазового модуляционного преобразования оптической несущей.

Поставленная цель потребовала от автора решения ряда взаимосвязанных задач, в ходе которых получены результаты, отвечающие критерию научной новизны. К их числу следует отнести:

- способ расширения диапазона измеряемых частот при заданной ширине полосы пропускания решетки Брэгга, который основан на использовании метода модуляционного преобразования Ильина-Морозова, особенностью которого является равенство частотного разноса между нижней и верхней боко-

выми составляющими промодулированной оптической несущей модулирующей частоте;

- способ повышения разрешающей способности измерений в области нижней границы диапазона измеряемых частот, который основан на использовании волоконных решеток Брэгга специального типа с окном прозрачности в области указанных частот;

- способ повышения чувствительности измерений в области верхней границы диапазона измеряемых частот, который основан на использовании расщепления соответствующих измеряемой частоте спектральных составляющих на две с разностной частотой, достаточной для детектирования их огибающей в области минимальных шумов фотоприемника;

- ряд результатов более частного характера: методика и структуры встроенного внутрисистемного мониторинга рабочих режимов устройств преобразования, входящих в архитектуру ОЭС ИМЧР; виртуальные модели и экспериментальные установки для исследования предложенных способов и устройств; методические рекомендации для синтеза архитектуры ОЭС ИМЧР в случаях одновременного воздействия нескольких радиосигналов, что значительно усиливает методологическую сторону диссертации.

Практическая ценность результатов диссертационных исследований М.Р. Нургазизова не вызывает сомнений. Разработаны и созданы макетные образцы ОЭС, реализующих указанные способы ИМЧР, включая интегральные устройства преобразования, подтвердившие возможность повышения разрешающей способности измерения (до 0,8-1 Дб/ГГц) и чувствительности измерений (3-6 раз), определены требования к структурным решениям ОЭС ИМЧР, которые по предварительным оценкам в 3-4 раза дешевле существующих широкополосных систем и обеспечивают лучшие условия по детектированию и шумовой полосе оптико-электронного преобразования по сравнению с узкополосными.

Предложенные автором методические рекомендации позволили детализировать требования к параметрам электрооптических модуляторов для переноса радиосигналов в оптический диапазон, волоконных решеток Брэгга для

измерительного преобразования, устройств мониторинга рабочих режимов преобразовательных устройств, к самим процедурам измерительного преобразования, к системам в целом. Это подтверждается соответствующими актами внедрения результатов НИР КНИТУ-КАИ, выполняемых в рамках ФЦП и государственного задания Минобрнауки РФ, а также инициативных исследований, в которых принимал участие автор.

Достоверность результатов и обоснованность выводов по работе. Достоверность результатов определяется корректным использованием исходной информации для постановки задач и использованием адекватного аппарата для их анализа и решения. Полученные решения строго аргументированы с теоретической и экспериментальной сторон и критически оценены по сравнению с другими известными решениями. Основные положения, выносимые на защиту, достаточно обоснованы.

Апробация результатов, публикации. Диссертационная работа М.Р. Нургазизова прошла достаточную апробацию, включая обсуждение результатов на представительных международных научно-технических конференциях, проводимых в России и за рубежом под эгидой РАН, МОН РФ, ведущих научных обществ (IEEE, SPIE) и школ. Основные результаты работы опубликованы автором в 16 научных трудах, среди которых 9 статей (из них 5 – опубликованы в рекомендуемых ВАК РФ журналах «Вестник Поволжского государственного технологического университета», «Научно-технический вестник Поволжья» и «Современные проблемы науки и образования», 4 – в рецензируемых и реферируемых сборниках трудов SPIE и IEEE (США), входящих в базу данных цитирования Scopus и Web of Science).

Автореферат соответствует диссертации и достаточно полно отражает ее содержание.

2. ДОСТОИНСТВА И НЕДОСТАТКИ ДИССЕРТАЦИИ

К числу основных достижений автора можно отнести следующее:

- В результате проведенных исследований автором разработаны научно-

технические основы проектирования новой элементной базы и архитектуры построения ОЭС ИМЧР, использующей эффекты расширения диапазона и повышения разрешающей способности и чувствительности измерений при контроле спектральных и температурных режимов работы устройств преобразования. При этом используются преимущества амплитудно-фазового последовательного модуляционного преобразования оптической несущей измеряемым сигналами и сопутствующие ему способы измерительного и оптико-электронного преобразований.

- Показано, что использование новых способов и методических рекомендаций открывает возможность целенаправленного выбора параметров оптико-электронных систем на стадии проектирования, исходя из компромисса между требованиями к системам измерения мгновенной частоты радиосигналов как широкополосным по природе системам и использованного в работе подхода к ним, как к узкополосным регистрирующим оптико-электронным системам с максимальной минимизацией полосы обрабатываемых частот при сохранении заданного диапазона измерений. Выявленные при этом закономерности представляются весьма важными для реализации гибкого и в тоже время универсального проектирования.

- Предложенные автором структуры и методические рекомендации позволяют легко и весьма просто провести все необходимые расчеты согласно предложенным процедурам. Это обстоятельство позволяет использовать рекомендации не только при проектировании новых ОЭС ИМЧР, но и на стадии модернизации ряда узлов существующих РТС и ОЭС.

Тем не менее, представленная работа не свободна от недостатков.

По существу содержания диссертации.

Во-первых, на мой взгляд, следовало бы более четко объяснить физику проблем, на которые направлены предложенные решения. Интуитивно объяснены проблемы широкополосного приема, монотонности ВБР в области центральной частоты, степень влияния на спектральные характеристики устройств преобразования нестабильности температуры, но в редких случаях они выра-

жены численно. Отсутствие такого представления привело к тому, что во главу угла поставлена методология измерений. Статистическая обработка результатов экспериментальных исследований не нашла полного отражения в диссертации. Результаты теоретических исследований сводятся к констатации факта их подтверждения результатами эксперимента. Хотя все эти недостатки можно объяснить несомненной новизной исследуемых способов и подходов.

Во-вторых, существует ряд претензий методологического и терминологического характера. Например, достаточно хорошо зная работы научной школы, к которой принадлежит автор, можно сказать о наличии около десятка различных полигармонических способов, разработанных для контроля параметров физических волей с использованием ВБР. Чем обоснован авторский выбор двухчастотного способа для внутрисистемного мониторинга рабочих режимов ОЭС ИМЧР понятно, но сравнения с другими, например, четырехчастотными способами, обладающими по ряду параметров лучшими характеристиками, не дано, как, следовательно, и не дано научно-технического обоснования выбора использованного способа. В название работы вынесена проблема разработки оптико-электронных систем, однако оппоненту, данное название кажется достаточно широким, нельзя ли было ограничиться радиофотонными системами, четко определяющими некоторые общие принципы их построения и дающие понимание об используемой элементной базе.

И, наконец, в-третьих. Работа, несомненно, имеет практическую направленность. Однако по данным главы 4 большинство компонент разрабатываемых систем принадлежит иностранным производителям. Следует четко отразить насколько решена в России проблема импортозамещения в данной области и на каких производителей может быть ориентирована поставка комплектующих для данных систем. При этом четко прослеживается основное применение таких систем для обеспечения обороноспособности страны. А насколько применимы эти системы в гражданских целях? Не секрет, что системы радио-по-волокну и системы с программно-определяемым радио не широко используются в нашей стране. Ссылок на другие области применения для разрабатываемых систем оппонент в диссертации не нашел.

По представлению результатов.

Во второй и третьей главе диссертации представлены результаты разработки ОЭС ИМЧР, на основе измерительного преобразования «частота-амплитуда» в волоконной брэгговской решетке. В четвертой главе рассмотрены возможности замены ВБР на модули из кольцевых интегральных резонаторов и представлен метод обработки радиосигналов с использованием наведенного контура усиления Мандельштама-Бриллюэна, которые также могут быть использованы для построения измерителей мгновенной частоты. По мнению оппонента, работа существенно выиграла, если бы ее результаты более полно отражали разработки и для данных типов измерительных преобразователей, либо они были использованы в третьей главе на основе единого методического подхода к измерительным процедурам.

По результатам работы получены 2 патента на полезную модель и изобретения в области мониторинга рабочих режимов устройств преобразования ОЭС, реализующим предложенные способы ИМЧР. Было бы более весомо запатентовать сами способы ИМЧР, интеллектуальная собственность на которые подтверждена лишь приоритетными публикациями.

3. ВЫВОДЫ

На основании изложенных выше оценок можно сделать следующие выводы:

- в главном диссертация М.Р. Нургазизова является самостоятельно выполненной и завершенной научно-квалификационной работой, содержащей решение актуальной научно-технической задачи разработки новой элементной базы и архитектуры электрооптических и волоконно-оптических средств, использующих преимущества последовательного АФМП оптической несущей измеряемым сигналом и его вариаций при конвертации «частота-амплитуда» в ВРБ специального типа с целью улучшения метрологических и технико-экономических характеристик оптико-электронных систем измерения мгновенной частоты радиосигналов СВЧ-диапазона;

- перечисленные выше недостатки не имеют принципиального характера, влияющего на снижение оценки работы в целом;
- по всем другим основным компонентам диссертация М.Р. Нургазизова также отвечает требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней» и ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям, в том числе по п. 9;
- автор диссертации Нургазизов Марат Ринатович – за решение актуальной научно-технической задачи, имеющей существенное значение для отрасли знаний, связанной с разработкой методов моделирования, проектирования и исследования оптико-электронных (радиофотонных) систем измерения мгновенной частоты радиосигналов, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.11.07 – «Оптические и оптико-электронные приборы и комплексы».

Официальный оппонент,
д.т.н., профессор кафедры
телекоммуникационных систем
ФГБОУ ВПО «Уфимский государственный
авиационный технический университет»

 В.Х.Багманов

Подпись Багманов
Удостоверяю: 03
Начальник управления по де
и референтуре УГАТУ _____

