

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Махмуда Хуссейна Ахмеда Махмуда
«Лазерная спутниковая система передачи радиосигналов на поднесущей частоте с квадратурной фазовой манипуляцией в условиях атмосферной турбулентности», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.13 – «Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения»

Известно, что лазерные технологии в системах спутниковой связи в настоящее время обеспечивают ряд преимуществ относительно радиосвязи, таких как более компактные размеры телескопов и терминалов, относительно низкое энергопотребление, значительное увеличение пропускной способности канала связи, отсутствие ограничений по использованию частотного спектра и отсутствие влияния электромагнитных помех.

Передача радиосигналов по оптическому каналу в свободном пространстве (FSO) считается новым подходом к проектированию беспроводных сетей и реализуется путём переноса радиосигнала (RF) в спектр оптического излучения.

Поэтому диссертационная работа Махмуда Хуссейна Ахмеда Махмуда посвящена актуальной проблеме повышения пропускной способности лазерной системы спутниковой коммуникации посредством формирования и гомодинного фотодетектирования оптического излучения с одной боковой полосой, модулированного радиосигналом на поднесущей частоте с квадратурной фазовой манипуляцией.

В работе получен ряд новых научных результатов:

1. Разработан алгоритм формирования когерентного оптического излучения с одной боковой полосой с модуляцией радиосигналом на поднесущей частоте с квадратурной фазовой манипуляцией.

2. Впервые получены аналитические выражения для описания процесса формирования и спектрального анализа радиосигналов и оптического излучения на выходах функциональных устройств передающей станции.

3. Разработан алгоритм обработки принимаемого сигнала в системе оптической связи в свободном пространстве, реализующий когерентный гомодинный приём.

4. Разработана методика количественной оценки принимаемой мощности когерентного оптического излучения и вероятности ошибок бит после прохождения гауссовым лазерным лучом трассы Земля-спутник.

Все научные результаты, полученные автором, являются новыми, достоверными и имеют как теоретическую, так и практическую значимость.

Практическая значимость работы состоит в следующем:

1. Предложенные структуры передающей и приёмной станций с передачей однополосного оптического излучения с модуляцией радиосигналом на поднесущей частоте с квадратурной фазовой манипуляцией увеличивают скорость передачи данных с 1 Гбит/с до 10 Гбит/с по сравнению с системой, формирующей оптическое излучение с двумя боковыми полосами для передачи радиосигнала на поднесущей частоте с амплитудной манипуляцией.

2. Получены асимптотические выражения для оценки энергетического уровня спектральных составляющих, соответствующих радиосигналам на поднесущей и нулевой частотах при формировании оптического излучения с одной боковой полосой.

3. Использование предложенных моделей для интенсивности оптического излучения после прохождения трассы Земля-спутник с учётом воздействия эффектов турбулентной атмосферы и ошибок нацеливания антенн позволяет количественно оценить снижение вероятности ошибок бит и интенсивности принимаемого спутником оптического излучения при различных высотах орбит, диаметрах и эффективности оптических телескопов. Уровни принимаемой мощности оптического излучения подтверждают возможность работы лазерной системы спутниковой связи при передаче данных на

расстояние до 700 км при диаметрах передающего и приёмного телескопов 100 мм при отсутствии турбулентности в атмосфере. При диаметрах передающего телескопа 100 мм и приёмного телескопа 120 мм возможна передача данных на расстояние до 800 км. Увеличение диаметра приёмного телескопа до 140 мм увеличивает дальность до 900 км. Установлено, что из-за высотной турбулентности, описываемой моделью Хафнагеля-Валли для структурной характеристики показателя преломления для трассы Земля-спутник, дальность связи уменьшается с 900 до 700 км (на 30 %) при диаметрах передающего телескопа 100 мм и приёмного телескопа 140 мм.

Результаты диссертационных исследований, посвящённые разработке и исследованию лазерной системы спутниковой коммуникации, связаны с научным направлением кафедры информационной безопасности телекоммуникационных систем ЮФУ, что подтверждено актом о внедрении результатов работы от 19.09.2023 г.

Достоверность и обоснованность полученных результатов подтверждается строгостью применяемого математического аппарата и представлением результатов исследований на 5 научно-технических конференциях.

В то же время по материалам автореферата следует отметить ряд замечаний

1. Во второй главе автором предложена модель формирования однополосного оптического излучения с модуляцией радиосигналом на поднесущей частоте, однако из представленного материала не понятно удовлетворяет ли предложенная модель требованиям к стабильности формируемого оптического излучения.

2. На стр. 15 автореферата показано, что из-за высотной турбулентности, дальность связи снижается с 900 до 700 км, однако процентное снижение этого показателя на 30% представлено весьма приблизительно.

3. В автореферате весьма лаконично освещена методика количественной оценки принимаемой мощности когерентного оптического излучения и

вероятности ошибок бит после прохождения гауссовым лазерным лучом трассы Земля-спутник, что затрудняет понимание её основных этапов и возможностей.

Однако отмеченные недостатки не снижают научной и практической значимости результатов диссертации и не влияют на её практическое значение.

В целом, диссертационная работа Махмуда Хуссейна Ахмеда Махмуда на тему «Лазерная спутниковая система передачи радиосигналов на поднесущей частоте с квадратурной фазовой манипуляцией в условиях атмосферной турбулентности» представляет собой законченную научную работу, которая является актуальной и содержит решение сложной научной задачи. Диссертация соответствует требованиям «Положения о присуждении ученых степеней в ЮФУ», предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор, Махмуд Хуссейн Ахмед Махмуд, заслуживает присуждение ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.13 – «Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения».

Отзыв обсужден и одобрен на заседании кафедры организации и технологии защиты информации института цифрового развития ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет».

Профессор кафедры организации и технологии защиты информации института цифрового развития ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет» кандидат технических наук, профессор

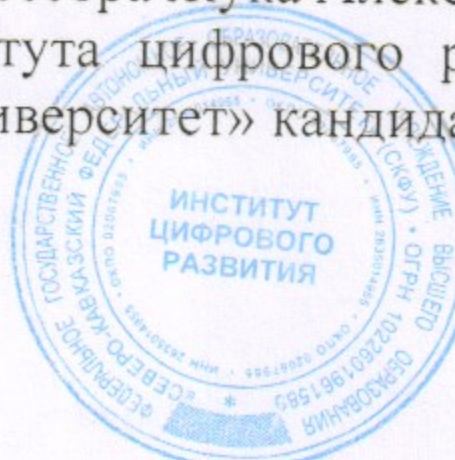
А.П. Жук

«22» января 2024 года

Адрес: 355017, г. Ставрополь, улица Пушкина, дом 1.
Телефон: +7 (8652) 95-68-00, внутр. 5338.
Электронная почта: azhuk@ncfu.ru

Личную подпись профессора Жука Александра Павловича заверяю.
И.о. директора института цифрового развития ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет» кандидат технических наук, доцент

«22» января 2024 года



[Handwritten signature]

В.И. Петренко