

## ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Проскурякова Владимира Борисовича «Оптимизация инфокоммуникационной системы на основе управляемых рассеивателей при различных видах модулирующих воздействий», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.03 «Радиофизика».

*Актуальность.* В современном мире все большее распространение получают беспроводные технологии, осуществляющие обмен данными между устройствами, не требующий связи их проводами. В качестве носителей используются электромагнитные волны различных диапазонов. Данные технологии позволяют исключить затраты на прокладку проводов и их обслуживание, а также позволяют сделать мобильными устройства обмена данными. Однако для работы мобильных устройств необходимо применение источников питания. В общем случае, используются химические источники питания, обладающие ограниченным сроком службы и низкой надежностью. Таким образом, становится востребованным применение устройств и систем, питающихся «свободной энергией» (солнечной, тепловой, энергией электромагнитных волн и пр.). Управляемые рассеиватели позволяют переносить спектр низкочастотного модулирующего сигнала в область радиочастот. При этом энергопотребление рассеивателей значительно ниже, чем энергопотребление активных передатчиков радиосигнала. Таким образом, применение управляемых рассеивателей для переноса информационного сигнала в область радиочастот позволило бы значительно продлить срок службы химических источников энергии либо вообще отказаться от таковых. Диссертация Проскурякова В. Б. посвящена повышению эффективности применения управляемых рассеивателей на основе системы «диод-диполь». В работе соискателем сформулированы

несколько актуальных задач, решение которых позволяет увеличить дальность действия радиосистемы на основе управляемых рассеивателей, а также снизить энергопотребление системы в целом за счет оптимального выбора режимов работы.

*В первой главе* диссертации ставится задача разработки модели модуляции системы «диод-диполь». Для сопряжения модели полупроводникового диода и резонансной антенны использован радиофизический подход, при котором полупроводниковый диод можно представить в виде сосредоточенной нагрузки диполя. Автором получены основные соотношения, позволяющие перевести величины перепада эффективной поверхности рассеяния (ЭПР) системы в уровни боковых гармоник в спектре принятого сигнала, найдены основные параметры полупроводниковых диодов, оказывающих максимальное влияние на процесс и глубину модуляции. Особо стоит подчеркнуть, что проведен полный набор экспериментальных исследований с применением магнитоуправляемого контакта. Идея является новой и позволяет при сравнительно простых экспериментальных установках (без наличия безэховой камеры) весьма точно измерить глубину модуляции отраженного сигнала. Экспериментальные исследования в достаточной мере подтверждают теоретическую модель модуляции.

*Во второй главе* рассматривается разработанный соискателем модулятор с параметрами, согласованными с результатами эксперимента, с возможностью получения стохастического выходного сигнала в полосе 2 МГц. Проведены исследования по переносу различных модулирующих воздействий в область радиочастот. Экспериментально доказана возможность переноса спектров не только узкополосных, но и широкополосных сигналов в область радиочастот с помощью управляемых рассеивателей. Для оценки дальности действия системы на основе «диод-диполя» было выведено уравнение дальности действия системы при

планарном расположении приемопередающих антенн в пространстве. Уравнение получено с учетом специфики работы управляемых рассеивателей – наличия фонового сигнала, когерентного с полезным.

*В третьей главе* соискателем разработаны различные приемники обнаружители сигнала, отраженного от системы «диод-диполь», при различных видах модулирующих воздействий и наборах априорных данных. Синтез произведен с учетом нелинейной модуляционной характеристики системы «диод-диполь». Кроме того, выполнен сравнительный анализ характеристик обнаружения разработанных алгоритмов и сделаны соответствующие выводы.

*Обоснованность и достоверность* полученных в исследовании Проскурякова В.Б. научных результатов подтверждается корректным использованием применяемых математических и физических подходов и методов, а также совпадением экспериментальных результатов с теоретическими.

*Основными научными результатами* следует считать: модель модуляции системы «диод-диполь», отличающуюся от известных тем, что она позволяет найти зависимость ЭПР системы от параметров диода; разработанный для управления системой модулятор со стохастическим режимом работы, а не только детерминированным, как в существующих системах; уравнение дальности действия радиосистемы на основе «диод-диполя», в отличие от известных учитывающее наличие фонового сигнала, когерентного с полезным на частоте несущей; синтезированные алгоритмы оптимальных приемников-обнаружителей для различных видов модулирующих воздействий и наборов априорных данных, учитывающих нелинейные свойства полупроводникового диода.

*Научная и практическая значимость* работы заключается в том, что разработанная модель модуляции позволяет осуществлять эффективный

подбор полупроводниковых диодов для системы «диод-диполь» для получения максимальной глубины модуляции. Применение синтезированных оптимальных приемников-обнаружителей позволяет наилучшим образом использовать энергию отраженного сигнала, и тем самым увеличить дальность действия систем на основе системы «диод-диполь». Достаточно широкая апробация исследований в научной печати и на международных конференциях подтверждают корректность выводов и правильность полученных в диссертации результатов.

Диссертация Проскурякова В.Б. написана в достаточно четком и ясном стиле. Автореферат в целом корректно отражает содержание диссертации. Результаты исследования с необходимой полнотой докладывались на международных научно-практических конференциях и опубликованы в ведущих научных журналах.

Из недостатков работы отмечу следующие:

1. Непонятно, как изменится уравнение дальности действия системы, выведенное в работе, если модулирующее воздействие будет негармоническим; каким образом при его выводе учитывались те рекомендации, которые были получены ранее для параметров диода.
2. Сравнение эффективности алгоритмов оптимального приема для различных наборов априорных данных проведено не совсем корректно. Более корректное сравнение подразумевает расчет характеристик при подаче на вход каждого алгоритма одного и того же сигнала.
3. При синтезе алгоритма оптимального приемника-обнаружителя сигнала с неизвестной формой модулирующей функции не накладывались ограничения на вид модулирующей функции, а также на величину отношения сигнал-шум, что целесообразно было бы сделать.
4. Оптимальный приемник-обнаружитель для отраженного сигнала со стохастической модуляцией является фактически энергетическим

приемником. Приемник с лучшими характеристиками обнаружения можно получить на основе применения корреляционного приема.

Указанные недостатки, в основном, носят частный характер и не снижают общей научной и практической значимости диссертационной работы соискателя. Они указывают на возможные направления проведения дальнейших исследований по избранной диссертантом тематике.

Считаю, что в целом диссертация Проскурякова В.Б. «Оптимизация инфокоммуникационной системы на основе управляемых рассеивателей при различных видах модулирующих воздействий» удовлетворяет требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, ее содержание соответствует специальности 01.04.03 «Радиофизика», а ее автор Проскуряков Владимир Борисович заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук.

Официальный оппонент

Доктор физико-математических наук, доцент,  
профессор кафедры радиотехнических приборов  
и антенных систем ФГБОУ ВПО «Национальный  
исследовательский университет «МЭИ»

Чернояров Олег  
Вячеславович

Россия, 111250, г. Москва,  
ул. Красноказарменная, дом 14,  
Тел.: +7-495-362-75-60

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

«08» июня 2015г.

