

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу Шайдурова К.Д.
на тему «Динамика формирования сигнальных и шумовых характеристик
автодинных радиолокаторов с амплитудной и частотной модуляцией»,
представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук
по специальности 05.12.14 – Радиолокация и радионавигация

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Представленная на отзыв диссертация содержит введение, пять глав, заключение, список литературы и одно приложение. Общий объём диссертации составляет 163 страницы машинописного текста, иллюстративный материал диссертации представлен 55 рисунками. Библиографический список включает 146 наименований.

1 АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕМЫ ДИССЕРТАЦИИ

Последние несколько десятилетий отмечены бурным развитием применения систем ближней радиолокации (СБРЛ) в промышленности, на транспорте, в системах безопасности, бытовых приборах, военной технике и различных научных исследованиях. Перечислить все возможные применения таких систем затруднительно. Ключевым элементом в таких применениях является измерение характеристик и параметров протекающих процессов и явлений. Усилия многих специалистов в области радиотехники направлены на всестороннее развитие эксплуатационных характеристик подобных устройств и расширение областей их применения. С точки зрения потребителей, наиболее важными характеристиками являются точность измерения, масса, габариты и стоимость. Оптимальному сочетанию всех этих показателей хорошо соответствуют измерители и датчики, работающие на основе автодинного эффекта.

Диссертационная работа Шайдурова К.Д. направлена на решение задачи изучения процесса формирования сигналов в автодинном радиолокаторе в присутствии амплитудной и частотной модуляции применительно к измерению параметров движения отражающих объектов на небольших дальностях. Такие исследования несомненно позволят более качественно, оперативно и обосновано выполнять проектирование автодинных систем ближней радиолокации. Поэтому представленные исследования, несомненно, являются актуальными.

Данные исследования дополняют и развивают теорию автодинов, которую тщательно разрабатывает и внедряет на практике научная школа профессора Носкова В.Я.

2 НОВИЗНА ИССЛЕДОВАНИЙ И ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

Научная новизна результатов, полученных автором в диссертации, заключается следующем:

- разработана математическая модель автодинного радиолокатора с одновременной амплитудной и частотной модуляцией излучения, описывающая формирование характеристик амплитудной селекции цели в зависимости от расстояния. При этом модель учитывает внешнюю инерционность автодинной системы «генератор – объект локации», обусловленную конечным временем распространения зондирующего излучения до цели и обратно, а также произвольное соотношение этого времени и периода модулирующей функции (глава 2 диссертации);
- выполнены теоретические и экспериментальные исследования взаимного влияния амплитудной модуляции и частотной модуляции, а также величины параметра внешней обратной связи, на формирование динамических сигнальных и шумовых характеристик автодинных СБРЛ при

произвольном соотношении времени запаздывания отраженного от цели излучения и периодов сигнала и модулирующей функции (глава 3 диссертации – теоретические исследования и глава 4 – экспериментальные исследования);

- дано обоснование метода биений для определения динамических свойств и чувствительности автодинных генераторов (раздел 5.2 диссертации);

- в ходе выполнения исследований найдены новые технические решения СБРЛ с частотной модуляцией, предназначенные для определения параметров движения локомотивов и повышения безопасности эксплуатации железнодорожного транспорта (раздел 5.3 диссертации).

Новизна предложенных решений подтверждается публикациями, апробацией на представительных научно-технических конференциях и полученными патентами на изобретение.

3 СТЕПЕНЬ ОБОСНОВАННОСТИ И ДОСТОВЕРНОСТИ НАУЧНЫХ ПОЛОЖЕНИЙ, ВЫВОДОВ И ЗАКЛЮЧЕНИЙ ДИССЕРТАЦИИ

Достоверность выводов и результатов работы подтверждается корректностью использования известных научных методов, использованных в работе, и обусловлена детальным описанием и интерпретацией результатов расчетной части работы в области нелинейных колебаний.

1. Обоснованность сформулированных особенностей формирования сигнальных и шумовых характеристик автодинного генератора в зависимости от характеристик автоколебаний и параметров движения объекта локации, заключающихся в формировании периодической характеристики амплитудной селекции цели, подтверждается следующими основными публикациями, представляющими собой статьи в зарубежных рецензируемых научных журналах:

- Noskov V.Ya. The dynamics of autodyne signal and noise characteristic formation at high target speeds / V.Ya. Noskov, K.A. Ignatkov, **K.D. Shaidurov**, G.P. Ermak, A.S. Vasiliev // Telecommunications and Radio Engineering. 2020. Vol. 79. No. 6. P. 493–508.

- Noskov V.Ya. Autodyne Effect in Microwave Oscillators with Injection Locking / V.Ya. Noskov, K.A. Ignatkov, **K.D. Shaidurov** // Journal of Communications Technology and Electronics. 2020. V. 65. № 6. P. 651–658.

- Noskov V.Ya. The influence of accompanying AM on the formation of signals from autodyne short-range sensors with FM / V.Ya. Noskov, G.P. Ermak, E.V. Bogatyrev, K.A. Ignatkov, **K.D. Shaidurov** // Telecommunication and Radio Engineering. 2020. Vol. 79. No. 16. P. 1397–1424.

- Noskov V.Ya. Frequency Deviation of Injection-Locked Microwave Autodynes / V.Ya. Noskov, K.A. Ignatkov, **K.D. Shaidurov** // Radioengineering. 2019. V. 28. № 4. P. 721–728.

2. Обоснованность предложенного метода биений, позволяющего оценивать динамические свойства генератора как автодина, помимо публикаций п.1, также подтверждается статьями и докладами в научных журналах и изданиях:

- Носков В.Я. Определение динамических параметров автодинов методом биений / В.Я. Носков, К.А. Игнатков, К.Д. Шайдунов // Уральский радиотехнический журнал. 2019. Т. 3. № 3. С. 261–285.

- Noskov V.Ya. Autodyne Radar Signals in the Presence of Asynchronous Influence / V.Ya. Noskov, K.A. Ignatkov, **K.D. Shaydurov**, G.P. Ermak, A.V. Varavin // Systems of Signal Synchronization, Generating and Processing in Telecommunications (SYNCHROINFO). Svetlogorsk, Russia. 2020. № 9166065.

- Fatieiev A.V. Autodyne Response Formation in Injection-Locked Microwave Oscillators / A.V. Fatieiev, V.Ya. Noskov, K.A. Ignatkov, **K.D. Shaydurov**, G.P. Ermak, A.V. Varavin // 2020 IEEE Ukrainian Microwave Week. Vol. 3. 10th International Kharkiv Symposium on Physics and Engineer-

ing of Microwaves, Millimeter and Submillimeter Waves (MSMW). Kharkiv, Ukraine. September 21–25. P. 884–887.

- Носков В.Я. Определение динамических параметров автодинов методом биений / В.Я. Носков, К.А. Игнатков, **К.Д. Шайдуров** // Уральский радиотехнический журнал. 2019. Т. 3. № 3. С. 261–285.

3. Техническая новизна решений и результатов, представляющих практическую ценность, подтверждаются докладами в научных изданиях:

- Noskov V.Ya. Near-Field Modelling of the Leaky-Wave Antenna / V.Ya. Noskov, **K.D. Shaidurov** // Ural Symposium on Biomedical Engineering, Radioelectronics and Information Technology (US-BEREIT). 2020. Yekaterinburg, Russia. P. 277-280.

- Носков В.Я. Результаты экспериментальных исследований автодина на диоде Ганна с амплитудно-частотной модуляцией / В.Я. Носков, К.А. Игнатков, **К.Д. Шайдуров** // 30-я Международная Крымская конференция «СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии» (КрыМиКо'2020). Севастополь, СевГУ. 2020. С. 390–391.

- Носков В.Я. Оценка погрешности бортового радиолокационного датчика скорости с протяженной антенной вытекающей волны / В.Я. Носков, К.А. Игнатков, **К.Д. Шайдуров** // 29-я Международная Крымская конференция «СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии» (КрыМиКо'2019). Севастополь, СевГУ. 2019. С. 157–158.,

а также патентами РФ на изобретения:

- RU2679491C1 от 11.02.2019 «Способ путевой навигации и обзора передней полусферы локомотива по геометрии железнодорожного пути»;

- RU2679268C1 от 06.02.2019 «Способ путевой навигации и измерения скорости локомотива по геометрии железнодорожного пути».

При этом стоит отметить, что доклады и патенты РФ являются частными рассмотрениями конкретных технических задач, тогда как, согласно этике осуществления научных исследований, все публикации диссертанта содержат в себе раздел с экспериментальной частью, анализом результатов и формулированием общих выводов по практической применимости теоретических результатов.

4 ЗНАЧИМОСТЬ ДЛЯ НАУКИ И ПРАКТИКИ ВЫВОДОВ И РЕКОМЕНДАЦИЙ ДИССЕРТАНТА

Научно-практическая значимость работы заключается, в том, что:

- предложена математическая модель автодинного генератора с амплитудной и частотной модуляцией, позволяющая при заданных параметрах активного элемента и характеристиках автоколебаний рассчитать динамические сигнальные и шумовые характеристики автодина, необходимые для его правильного использования в перспективных СБРЛ;

- на основе анализа результатов численного моделирования сформулированы основные требования и рекомендации к автодинным модулям, предназначенным для СБРЛ с амплитудной и частотной модуляцией;

- предложен и обоснован метод биений, позволяющий снизить затраты на проведение в лабораторных условиях оценки динамических свойств генератора путём измерения постоянной времени его автодинного отклика;

- защищены патентами РФ на изобретения два решения по построению радиолокационных датчиков для применения в сфере железнодорожного транспорта.

5 СООТВЕТСТВИЕ АВТОРЕФЕРАТА ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЕ. ОЦЕНКА СОДЕРЖАНИЯ И ОФОРМЛЕНИЯ ДИССЕРТАЦИИ

Диссертация имеет логичную структуру, соответствующую заявленному содержанию. Все ее разделы взаимосвязаны между собой и представляют собой поэтапное решение поставленных диссертантом задач. Автореферат диссертации в полной мере отражает ее содержание. Работа написана понятным и грамотным литературным языком, использует общепринятые термины и сокращения, хорошо оформлена. При использовании результатов других авторов, применяемых для оценки современного состояния поднятых в работе вопросов и сравнения полученных результатов с известными, в диссертации приводятся необходимые ссылки. Работа выполнена с использованием современного математического аппарата. Основные результаты диссертационных исследований опубликованы в 25 научных работах, в том числе в 14 статьях и докладах в рецензируемых научных журналах и изданиях, рекомендованных ВАК РФ и Аттестационным советом УрФУ, использованы в 4-х отчётах о НИР, получено 2 патента РФ на изобретения.

ИМЕЕТСЯ РЯД ЗАМЕЧАНИЙ ПО ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЕ:

1. Практический интерес имеют случаи функционирования автодинных генераторов при коэффициенте обратной связи, превышающем единицу, когда отраженный сигнал является действительно сильным. Такой режим работы широко используется в практике лазерных автодинных устройств, тогда как автор намеренно ограничивает область рассмотрения значениями коэффициента обратной связи от нуля до единицы, не освещая процессы, происходящие за пределами этих значений.
2. В ходе численного моделирования и лабораторных экспериментов диссертантом используется простейшая модель объекта локации в виде «точечного отражателя». Не ясно, как можно интерпретировать полученные результаты на реальный случай работы автодинного радиолокатора при взаимодействии с отраженным излучением от пространственно-распределённого объекта.
3. В пятой главе «Применение результатов диссертационных исследований» недостаточно раскрыта степень связи результатов диссертации с практической реализацией предложенных согласно описаниям патентов РФ на изобретения систем для измерения скорости движения локомотива, пройденного пути и трёхмерной реконструкции радиолокационного изображения передней полусферы пространства по направлению движения.
4. Во введениях ко всем главам приводится краткое изложение содержания главы, а хотелось бы в этих разделах увидеть обоснование и необходимость выполняемых в главе исследований.
5. В главе 3 приводятся результаты расчётов ХАС при разных численных значениях $p_{\text{чм}}$ (Рисунки 3.1 – 3.6). Однако ни в главе 3, ни в главе 2 нет расшифровки этого параметра.
6. Некоторые отступления от требований ГОСТ Р 7.0.11-2011 «ДИССЕРТАЦИЯ И АВТОРЕФЕРАТ ДИССЕРТАЦИИ»:
 - Ссылки на рисунки в тексте и обозначения рисунка в подрисуночной подписи отличаются. Должно быть везде слово «рисунок». После слова рисунок в подрисуночной подписи должно стоять тире.
 - Оформление заголовков разделов и подразделов – точка после номера не ставится и заголовки начинаются с абзацного отступа.

6 ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Диссертация Шайдурова Кирилла Дмитриевича является законченной научно - квалификационной работой, содержащей необходимые элементы от постановки задачи до указания возможностей использования полученных выводов в практических приложениях. Отмеченные недостатки не снижают общей положительной оценки работы и носят редакционно-методический характер. Таким образом, совокупность перечисленных результатов работы можно квалифицировать, как решение научно-технической задачи, имеющей важное значение для развития теории и техники создания автодинных СБРЛ с модуляцией.

На основании вышеизложенного считаю, что представленная работа «Динамика формирования сигнальных и шумовых характеристик автодинных радиолокаторов с амплитудной и частотной модуляцией» отвечает требованиям п. 9 Положения о присуждении учёных степеней в УрФУ, предъявляемым к диссертационным работам на соискание учёной степени кандидата наук, а её автор, Шайдуров Кирилл Дмитриевич, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.14 — Радиолокация и радионавигация.

Официальный оппонент

Езерский Виктор Витольдович, доктор технических наук, профессор.

Домашний почтовый адрес 390044, г. Рязань, ул. Московское шоссе, д.41, к.1, кв. 44.

Тел. +7 952 121 36 69

Адрес электронной почты: ezerski@yandex.ru

Наименование организации, работником которой является: ФГБОУ ВО «Рязанский государственный радиотехнический университет им. В.Ф. Уткина»

Должность: профессор кафедры радиоуправления и связи

Служебный почтовый адрес 390005, Россия, г. Рязань, ул. Гагарина, 59/1,

Рабочий телефон кафедры (4912) 72-03-62,

 В.В. Езерский

« 7 » июня 2021 г.

Подпись В.В. Езерского заверяю
Учёный секретарь Учёного Совета
к.т.н., доцент



 В.Н. Пржегорлинский