

## СВЕДЕНИЯ О РЕЗУЛЬТАТАХ ПУБЛИЧНОЙ ЗАЩИТЫ

Диссертационный совет: 24.2.327.01

Соискатель: Нужнов Михаил Сергеевич

Тема диссертации: «Оценка степени циклостационарности непреднамеренного излучения средств вычислительной техники»

Специальность: 2.2.13 – «Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения»

### Решение диссертационного совета по результатам защиты:

на заседании 28 декабря 2021 года, протокол № 9, диссертационный совет пришел к выводу о том, что диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу, которая соответствует критериям, установленным положением «О присуждении ученых степеней», утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года №842, и принял решение присудить Нужнову Михаилу Сергеевичу ученую степень кандидата технических наук.

### Присутствовали:

Ушкар М.Н. – заместитель председателя диссертационного совета;

Горбунова А.А. – ученый секретарь диссертационного совета;

Члены диссертационного совета:

Кузнецов Ю.В., Важенин Н.А., Воскресенский Д.И., Гаврилов К.Ю.,  
Гринев А.Ю., Кириллов В.Ю., Комаров В.В., Куприянов А.И., Назаров А.В.,  
Овчинникова Е.В., Плохих А.П., Пономарев Л.И., Сычев М.И.,  
Татарников Д.В., Шевцов В.А., Юдин В.Н.

Ученый секретарь  
диссертационного совета  
24.2.327.01, к.т.н.

А.А. Горбунова

Начальник отдела УАС МАИ  
Т.А. Аникина



ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.327.01,  
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО  
БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ «МОСКОВСКИЙ АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ  
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)», ПО  
ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА  
НАУК

аттестационное дело № \_\_\_\_\_

решение диссертационного совета от 28.12.2021 № 9

О присуждении Нужнову Михаилу Сергеевичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Оценка степени циклоstationарности непреднамеренного излучения средств вычислительной техники» по специальности 2.2.13 – «Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения» (технические науки) принята к защите «26» октября 2021 года (протокол заседания № 6) диссертационным советом 24.2.327.01 на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, 125993, Москва, А-80, ГСП-3, Волоколамское шоссе, 4, приказ о создании совета №105/нк от 11.04.2012.

Соискатель Нужнов Михаил Сергеевич, родился 20 декабря 1988 года, в 2015 г. окончил Московский Авиационный Институт с присвоением квалификации «инженер». В 2016 году поступил в очную аспирантуру МАИ, которую закончил 31.08.2020 по направлению подготовки 11.06.01 «Электроника, радиотехника и системы связи» (диплом об окончании аспирантуры 107718 1178934, регистрационный номер 2020/40-0333Д от 07 июля 2020 г.).

Работает в ФГУП «НПП «Гамма» в должности инженера, а также, по внешнему совместительству, в МАИ на должностях ассистента и инженера.

Диссертация выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» на кафедре 405 «Теоретическая радиотехника».

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор **Кузнецов Юрий Владимирович**, профессор, заведующий кафедрой 405 «Теоретическая радиотехника» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)».

Официальные оппоненты:

1. **Пашинцев Владимир Петрович**, доктор технических наук, профессор, заслуженный работник высшей школы РФ, ведущий научный сотрудник кафедры информационной безопасности автоматизированных систем ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет»;

2. **Ключарёв Петр Георгиевич**, кандидат технических наук, доцент кафедры Информационная безопасность МГТУ имени Н.Э. Баумана; дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – **Федеральное государственное унитарное предприятие «Всероссийский научно-исследовательский институт физико-технических и радиотехнических измерений» (ФГУП «ВНИИФТРИ»)**, Московская область, Солнечногорский район, г.п. Менделеево, в своем положительном отзыве, подписанном Малаем И.М., д.т.н., заместителем генерального директора по радиотехническим и электромагнитным измерениям ФГУП «ВНИИФТРИ», и утвержденном Донченко С.И., д.т.н., генеральным директором ФГУП «ВНИИФТРИ», указала, что диссертация представляет собой законченное исследование, которое содержит решение актуальной научной задачи. Автореферат соответствует основному содержанию диссертации.

Сделаны выводы о том, что диссертационная работа «Оценка степени циклостационарности непреднамеренного излучения средств вычислительной техники» соответствует требованиям Положения о присуждении учёных степеней, а её автор Нужнов Михаил Сергеевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.13 - «Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения».

Диссертационная работа рассмотрена 10.12.2021 на заседании секции № 1 Ученого совета ФГУП «ВНИИФТРИ» при Научно-исследовательском отделении метрологии радиотехнических и электромагнитных измерений (НИО-1).

Соискатель имеет 12 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 10 работ, среди которых: 3 публикации в изданиях из перечня ВАК, 2 публикаций в изданиях индексируемых в международных системах цитирования Scopus и Web of Science, 5 тезисов докладов на научных конференциях.

Наиболее значимые научные работы соискателя:

**в рецензируемых научных изданиях:**

- [1]. Денисов А.А., Нужнов М.С., Коновалюк М.А., Баев А.Б., Кузнецов Ю.В., Статистическая модель джиттера сигналов цифровых интерфейсов, Вестник КГТУ им. А.Н. Туполева, том 74 № 2, с. 108-114, 2018.
- [2]. Кузнецов Ю.В., Баев А.Б., Горбунова А.А., Коновалюк М.А., Нужнов М.С., Электромагнитные излучения цифрового видеоинтерфейса, Технологии электромагнитной совместимости, № 4(59), с. 32-42, 2016.
- [3]. Оценка степени циклостационарности непреднамеренных излучений средств вычислительной техники / М. С. Нужнов, Ю. В. Кузнецов, А. Б. Баев, М. А. Коновалюк // Электросвязь. – 2020. – № 11. – С. 62-71. – DOI 10.34832/ELSV.2020.12.11.007.

**в других изданиях:**

- [4]. Characterization of the emissions in the near-field of PCB using degree of cyclostationarity / M. Nuzhnov, A. Gorbunova, M. Konovalyuk [et al.] // Proceedings of European Microwave Conference in Central Europe, EuMCE 2019, Prague, 13–15 мая 2019 года. – Prague, 2019. – P. 129-132.
- [5]. M. Nuzhnov, A. Baev, M. Konovalyuk, A. Gorbunova, Y. Kuznetsov and W. Sidina, "Detection of Cyclostationary Electromagnetic Emissions Using Degree of Cyclostationarity," 2020 Baltic URSI Symposium (URSI), 2020, pp. 138-141, doi: 10.23919/URSI48707.2020.9253755.
- [6]. Использование степени циклоstationарности для разделения источников ЭМИ СВТ в ближнем поле / М. С. Нужнов, Ю. В. Кузнецов, А. Б. Баев, М. А. Коновалюк // 18-я Международная конференция "Авиация и космонавтика - 2019" : Тезисы, Москва, 18–22 ноября 2019 года / Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет). – Москва: Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет), 2019. – С. 125.
- [7]. Обнаружение излучения цифрового интерфейса СВТ с использованием двумерной автокорреляционной функции / М. С. Нужнов, Ю. В. Кузнецов, А. Б. Баев, М. А. Коновалюк // 19-я Международная конференция «Авиация и космонавтика» : Тезисы 19-ой Международной конференции, Москва, 23–27 ноября 2020 года. – Москва,: Издательство "Перо", 2020. – С. 353-354.
- [8]. Нужнов, М. С. Анализ циклоstationарных характеристик электромагнитных излучений печатной платы в ближнем поле / М. С. Нужнов // Авиация и космонавтика - 2017 : тезисы, Москва, 20–24 ноября 2017 года / Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет). – Москва: Типография «Люксор», 2017. – С. 235-236.

Ключевые моменты диссертационной работы изложены в работах, опубликованных в рецензируемых научных изданиях. Работы [1-7] написаны в соавторстве: [3, 6, 7] – с Ю.В. Кузнецовым, А.Б. Баевым, М.А. Коновалюком; [2, 4] – с Ю.В. Кузнецовым, А.Б. Баевым, А.А. Горбуновой,

М.А. Коновалюком; [5] – с Ю.В. Кузнецовым, А.Б. Баевым, А.А. Горбуновой, М.А. Коновалюком, W. Sidina.

В работе [1] рассмотрена модель двух дельта-функций Дирака, позволившая эффективно и с малыми вычислительными и временными затратами оценить статистические параметры джиттера в цифровых системах. Приводится как аналитическая модель джиттера так и имитационное компьютерное моделирование. На основании двумерных АКФ моделей псевдослучайных последовательностей без учета джиттера и с ним делается вывод о циклостационарности сигнала, передаваемого по цифровому интерфейсу в присутствии джиттера.

В работе [2] представлена модель электромагнитных излучений цифрового видеоинтерфейса DVI, показано что для определения связи между полями в ближней зоне и дальней зоне может быть использована дипольная модель, построенная на принципе эквивалентности. Показано, что измерения в ближней зоне позволяют предсказывать характеристики кабельных соединений в дальней зоне.

В работе [3] на примере рассмотренных моделей АИМ-сигнала и порождаемого им сигнала в пробнике ближнего поля показано существенное повышение СЦС сигнала в пробнике по сравнению с порождающим его сигналом. Выявлена зависимость СЦС АИМ-сигнала от джиттера и скважности. Приведены результаты статистического моделирования, показавшего снижение вероятности ошибки обнаружения более чем в 8 раз при переходе от энергетического обнаружителя к обнаружителю по СЦС.

В работе [4] рассмотрено обнаружение циклостационарных излучений в области сканирования макета СВТ, приведены и продемонстрированы свойства характеристики СЦС важные для её применения в задаче обнаружения. Предложена методика предварительной обработки данных, измеренных в ближнем поле СВТ, позволившая обеспечить обнаружение информационных сигналов на фоне синхронных тактовых сигналов с использованием оценки СЦС.

Помимо работ в рецензируемых научных изданиях, у автора диссертации имеются работы, опубликованные в сборниках трудов Международных научно-технических конференций: «European Microwave Conference in Central Europe (EuMCE)», Baltic URSI Symposium (URSI) и других.

В работах соискателя по теме диссертации в полном объеме изложены материалы диссертации и положения, выносимые на защиту.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

**Пашинцев Владимир Петрович** (официальный оппонент).

Отзыв заверен начальником Управления делами СКФУ Логачевой А.В.

В замечаниях по диссертационной работе указано на отсутствие обоснования и постановки практической цели исследования в направлении повышения каких-либо показателей качества функционирования систем обнаружения и перехвата электромагнитных излучений средств вычислительной техники; отсутствует анализ недостатков разработанного ранее научно-методического аппарата исследования циклостационарных процессов; сомнительность достоверности рисунка, описывающего вероятности ошибки обнаружения АИМ-сигнала; недостаточная подробность описания графика условных плотностей вероятности оценок средней мощности и СЦС.

При этом отмечено, что тема работы является, безусловно, актуальной; материалы диссертации достаточно полно опубликованы. Работа содержит совокупность новых научных результатов и положений, имеет внутреннее единство, свидетельствует о личном вкладе соискателя в науку и полностью соответствует требованиям положения «О порядке присуждения учёных степеней» ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор Нужнов Михаил Сергеевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.13 – «Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения».

**Ключарёв Петр Георгиевич** (официальный оппонент).

Отзыв заверен заместителем начальника управления кадров МГТУ им. Н.Э. Баумана Матвеевым А.Г.

В замечаниях по диссертационной работе указано на недостаточную строгость доказательства оптимальности обнаружителя в разделе 2.6; отсутствие сравнения предлагаемого подхода с подходами основанными на использовании вейвлет-преобразования и преобразования Вигнера-Вилла; недостаточной полноте сравнения экспериментального сравнения предложенного подхода с существующими.

При этом отмечено, что указанные замечания не носят принципиального характера и не снижают ценности работы.

Сделаны выводы о том, что основные результаты работы обладают научной новизной и несомненной практической применимостью; диссертационная работа выполнена на высоком научном уровне и представляет собой законченную научно-квалификационную работу, содержащую решение актуальной научно-технической задачи разработки методов обнаружения и идентификации источников непреднамеренных ЭМИ СВТ, имеющую значение для развития радиотехники. Отмечено, что работа соответствует критериям, изложенным в пунктах 9-14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», а её автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук.

**ФГУП «ВНИИФТРИ»** (ведущая организация)

Отзыв утвержден первым заместителем генерального директора ФГУП «ВНИИФТРИ», д.т.н. Щипуновым А.Н.

В замечаниях по диссертационной работе отмечено не соответствие графика  $DJ(t)$  на рис. 2.12а принятой модели; чрезмерная краткость описания экспериментального исследования джиттера; недостаточность обоснования цели исследования сложной модели джиттера; использование частотных методов в разделах 3.1 и 4.1, несмотря на использование анализа во временной области в остальных разделах работы.



При этом подчеркнуто, что отмеченные замечания не влияют на общую положительную оценку работы и не снижают её научной и практической ценности, а по актуальности и объёму выполненных исследований, новизне, достоверности, научной и практической значимости полученных результатов диссертационная работа соответствует требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней».

На автореферат и диссертацию также поступило 5 отзывов из организаций:

1. Акционерное общество «Центральный научно-исследовательский радиотехнический институт имени академика А.И. Берга» (АО «ЦНИРТИ им. академика А.И. Берга») – отзыв подписан начальником отдела, к.т.н. Гапченко А.В. и заверен учёным секретарём ЦНИРТИ им. академика А.И. Берга.
2. Межрегиональное общественное учреждение «Институт инженерной физики» – отзыв подписан ведущим научным сотрудником управления АСУ и связи, д.т.н., профессором В.А. Цимбала, вице-президентом Института по инновационным проектам, д.т.н., профессором, И.А. Бугаковым и заверен секретарём секции №4 НТС В.Е. Ананьевым. Отзыв обсужден и одобрен на заседании НТС Института (протокол № 08/12/01 от 08.12.2021).
3. Акционерное общество «Радиотехнический институт имени академика А.Л. Минца» (АО РТИ) – отзыв подписан начальником сектора тематического отдела 042 АО РТИ, к.т.н. Перловым А.Ю и заверен учёным секретарём АО РТИ Д.И. Буханцем.
4. Публичное акционерное общество «Радиофизика» (ПАО «Радиофизика») – отзыв подписан членом редакционной коллегии научно-технического журнала Вестник Концерна ВКО «Алмаз – Антей», начальником сектора 3011 ПАО «Радиофизика», к.т.н. Тимашевой Т.Г. и заверен учёным секретарем НТС, к.т.н. Смольниковой О.Н.

5. в/ч 33965 – отзыв подписан сотрудником в/ч 33965, к.т.н., доцентом С.В. Голубевым и утвержден заместителем командира в/ч 33965 к.ф.-м.н. А.Б. Пичкуром.

Основные замечания по содержанию работы:

В замечаниях на автореферат отмечается, что в тексте автореферата не обоснован выбор видеоинтерфейса DVI в качестве исследуемого интерфейса СВТ и не указан его тип (DVI-A или DVI-D). Указывается, что в автореферате не раскрыт вопрос выбора пробника ближнего поля и его влияния на результаты измерений и не освещён в достаточной мере вопрос сравнения разработанного метода обнаружения с традиционными методами. Также отмечается, в материалах автореферата что не указаны границы применимости результатов статистического моделирования и отсутствует определение ближней зоны СВТ и обоснование высоты сканирования при её исследовании. Отмечаются что оформление некоторых рисунков (4, 6б, 6в и 6г) существенно затрудняет восприятие и сравнение представленных данных.

Все отзывы, поступившие на диссертацию и автореферат, положительные и содержат заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается следующими соображениями. Решаемые в диссертационной работе научные задачи непосредственно связаны с проводимыми в ведущей организации работами по разработке средств и методов антенных измерений в ближней зоне и метрологическому обеспечению испытаний радиоэлектронного оборудования на ЭМС. Ведущая организация известна своими научными достижениями в соответствующей сфере исследования, что подтверждается актуальными публикациями ее сотрудников Малая И.М., Анютина Н.В., Клеопина А.В. и др. Соискатель и научный руководитель соискателя не работают в данной организации и не являются участниками

научно-исследовательских работ, ведущихся в этой организации. Официальные оппоненты являются признанными специалистами в области ЭМС и радиотехники в целом; имеют публикации, близкие по теме диссертационной работы, являются сотрудниками разных организаций и не имеют совместных публикаций с соискателем.

**Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:**

– **Введена** новая характеристика, называемая модифицированной степенью циклостационарности случайного процесса, позволяющая обнаруживать информационные сигналы, обладающие циклостационарностью второго порядка, на фоне стационарных шумов, помех и периодических тактовых сигналов.

– **Разработан** метод обнаружения и идентификации источников непреднамеренных ЭМИ СВТ обладающих циклостационарностью второго порядка за счёт цикличности процесса передачи информации в СВТ и стационарности случайной передаваемой информации;

– **Доказано** повышение степени циклостационарности сигнала в пробнике ближнего поля до 12 раз по сравнению с порождающим его сигналом в проводнике печатной платы за счёт уменьшения длительности регистрируемого сигнала.

**Теоретическая значимость исследований обоснована тем, что:**

– сравнение разработанного метода циклостационарного обнаружения с традиционным методом обнаружения стационарных случайных сигналов показало, что снижение вероятности ошибочного обнаружения определяется величиной модифицированной степени циклостационарности и достигает 8 раз;

– Выведена аналитическая зависимость степени циклостационарности от джиттера и скважности импульсов АИМ-сигнала, определяющая вероятность ошибочного циклостационарного обнаружения;

– Представлена электродинамическая модель электромагнитного излучения кабеля DVI, обосновывающая преимущества измерения ЭМИ в ближнем поле СВТ.

**Значение полученных соискателем результатов исследований для практики подтверждается тем, что:**

Разработанные методы исследования побочных ЭМИ и методы их обработки могут быть применены для систем контроля ЭМС и защищённости СВТ. Применение таких систем позволит повысить достоверность и информативность исследования ЭМИ и обеспечит возможность проведения измерений в нормальных лабораторных условиях без использования специальных помещений. Также разработанный в диссертационной работе алгоритм обнаружения источников в составе СВТ может эффективно применяться на стадии разработки и создания образцов защищённой техники для поиска источников информативного излучения без использования специального тестового режима работы СВТ.

Результаты диссертационной работы внедрены и нашли практическое использование. Основные результаты реализованы в НИР "Исследование перспективных методов защиты информации от утечки по каналам ПЭМИ на базе генератора сигналоподобной помехи" выполненной ФГУП «НПП «Гамма». Соответствующий акт внедрения прилагается к диссертации.

**Оценка достоверности результатов исследований** выявила, что основные положения диссертации опираются на современный математический аппарат и согласуются с экспериментальными данными исследований макета СВТ. Соискателем разработаны и используются корректные математические модели и алгоритмы. В рамках исследования автором грамотно применены современные методики измерений ЭМИ и обработки полученных данных, анализа и синтеза сложных технических систем, в том числе метод математического моделирования.

**Личный вклад соискателя состоит в:**

– **разработке** моделей случайных сигналов в проводниках на плате СВТ и порождаемых ими излучений в ближнем поле;

– **разработке** макета СВТ на базе отладочной платы ПЛИС, позволяющего экспериментально регистрировать электромагнитное излучение СВТ для реализованных цифровых интерфейсов с различными тактовыми частотами;

– **проведении** экспериментальных исследований электромагнитных излучений макета СВТ и цифрового видеоинтерфейса, и сопоставлении их с результатами компьютерного моделирования;

– **подготовке** основных публикаций по работе и личном участии в ряде конференций по тематике исследований.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания:

1. Отсутствие в работе сравнения предлагаемых методов обнаружения с методами обнаружения использующими спектральные характеристики случайных процессов, в частности кратковременное преобразования Фурье.
2. Вопрос распространённости применения АИМ-сигнала для передачи данных в СВТ.
3. Недостаточная полнота экспериментальных сравнений предложенных методов с известными методами.

Соискатель в ответ на первое замечание ответил, что в работе приводится сравнение циклоstationарного обнаружителя с обнаружителем использующим одномерную АКФ, который эквивалентен обнаружителю использующему спектральную плотность мощности. По второму вопросу соискатель отметил, что в работе рассматривается бинарный (двухуровневый) АИМ-сигнал имеющий несомненную распространённость в СВТ и описывающий, в частности, стандарт JESD8C. С третьим замечанием соискатель согласился.

На основании вышеизложенного диссертационный совет заключает, что рассматриваемая диссертация является научно-квалификационной работой, в которой предложено решение актуальной научно-технической

задачи, имеющей существенное значение для контроля ЭМС и обеспечения информационной безопасности СВТ, – разработки методов обнаружения непреднамеренных циклоstationарных ЭМИ СВТ и оценки их параметров. Диссертация Нужнова М.С. соответствует всем требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842.

На заседании 28 декабря 2021 г. диссертационный совет принял решение присудить Нужнову М.С. ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 18 человек, из них 6 докторов наук по специальности 2.2.13 – «Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения», участвующих в заседании, из 23 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: «за» 18, «против» 0, недействительных бюллетеней нет.

Заместитель председателя  
диссертационного совета 24.2.327.01  
д.т.н., профессор



Ушкар Михаил  
Николаевич

Ученый секретарь  
диссертационного совета 24.2.327.01  
к.т.н.



Горбунова Анастасия  
Александровна

28.12.2021 г.

Начальник диссертационного совета МАИ  
Т.А. Аникин

