

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 55.2.002.01 НА БАЗЕ  
ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ ФЕДЕРАЛЬНОГО  
ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО  
УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «МОСКОВСКИЙ  
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ СВЯЗИ И ИНФОРМАТИКИ» ПО  
ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА  
НАУК

аттестационное дело N \_\_\_\_\_

Решение диссертационного совета от 15.12.2022 N 101 о присуждении Либеровскому Никите Юрьевичу ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация Разработка слепого алгоритма разделения радиосигналов в системах когнитивного радио по специальности 2.2.13 – Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения принята к защите 30 сентября 2022г., протокол №97 диссертационным советом 55.2.002.01 на базе ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики» (далее МТУСИ), Министерство цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации, 111024, г. Москва, ул. Авиамоторная, 8а, Приказ Министерства образования и науки Российской Федерации № 244/нк от 03 марта 2016 г., изменения в составе утверждены Приказами Министерства науки и высшего образования Российской Федерации № 37/нк от 30.01.2019, № 599/нк от 15.10.2020, №804/нк от 16.12.2020 г., № 331/нк от 12.04.2021г

**Соискатель** Либеровский Никита Юрьевич «23» февраля 1994 года рождения, в 2021 году окончил аспирантуру МТУСИ по направлению «Электроника, радиотехника и системы связи». Кандидатские экзамены сданы в 2021 году (имеется удостоверение о сдаче экзаменов). Работает

инженером 1-ой категории в научно-исследовательском отделе 48 научно-исследовательской части МТУСИ.

Диссертация выполнена на кафедре радиотехнических систем МТУСИ.

**Научный руководитель** - доктор технических наук, доцент Чиров Денис Сергеевич, заведующий кафедрой радиотехнических систем МТУСИ.

**Официальные оппоненты:**

1. Зеленовский Юрий Владимирович – доктор технических наук, доцент, профессор кафедры войсковой части 33965.

2. Иванкович Мария Владимировна – кандидат технических наук, заместитель директора Центра исследований перспективных технологий связи Федерального государственного унитарного предприятия «Ордена Трудового Красного Знамени Российский научно-исследовательский институт радио имени М.И. Кривошеева»

дали положительные отзывы на диссертацию.

**Ведущая организация** – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Поволжский государственный технологический университет» (далее ПГТУ), г. Йошкар-Ола в своем положительном заключении, подписанном Рябовой Натальей Владимировной, доктором физико-математических наук, профессором, заведующей кафедрой радиотехники и связи ПГТУ, указала, что диссертация имеет значение для развития радиотехнических систем. Соискатель имеет по теме диссертации 14 работ, из них 3 работы, опубликованные в рецензируемых научных изданиях, рекомендуемых ВАК, 8 работ, индексируемых в международной базе SCOPUS и 3 публикации в других индексируемых научных журналах и изданиях.

**Основные публикации:**

1. **Либеровский, Н. Ю.** Математическое моделирование слепого разделения двух вещественных сигналов с использованием кумулянтов четвертого порядка / **Н. Ю. Либеровский, В. С. Припутин, Д. С. Чиров** // Вестник южно-уральского государственного университета. Серия

«Математическое моделирование и программирование». – Май 2020. – Т. 13, № 2. – С. 43–53.

2. **Либеровский, Н. Ю.** Обзор исследований адаптивного формирования диаграммы направленности и цифровой обработки / **Н. Ю. Либеровский, В. С. Припутин, Д. С. Чиров** // Научные технологии в космических исследованиях Земли. – 2021. – Т. 13, № 6. – С. 16–21.

3. **Либеровский, Н. Ю.** Применение методов слепого разделения сигналов для обнаружения радиосигналов с фазовой манипуляцией / **Н. Ю. Либеровский, Д. С. Чиров, Н. Д. Петров** // Труды Научно-исследовательского института радио. – 2021. – № 2. – С. 23–28.

4. **Liberovskiy, N. Y.** Comparison second order based blind signal separation with classical adaptive interference cancellation methods in the case of ill-conditioned statistics / **S. S. Adjemov, A. A. Kuchumov, N. Y. Liberovskiy, V. S. Priputin** // 2017 Systems of Signal Synchronization, Generating and Processing in Telecommunications (SINKHROINFO). – 2017. – P. 1–4.

5. **Liberovskiy, N. Y.** Blind Two Real Signals Separation Method Based on Third Order Cumulants / **A. A. Kuchumov, N. Y. Liberovskiy, V. S. Priputin** // 2019 Systems of Signals Generating and Processing in the Field of on Board Communications. – 2019. – P. 1–4.

6. **Liberovskiy, N. Y.** Using the Blind Two Real Source Separation Algorithm in the Task of Detection a Useful Signal with an Additive white Gaussian Noise / **A. A. Kuchumov, N. Y. Liberovskiy, V. S. Priputin** // 2020 Systems of Signal Synchronization, Generating and Processing in Telecommunications (SYNCHROINFO). – 2020. – P. 1–5.

7. **Liberovskiy, N. Y.** Blind Two Complex Signals Separation Method Based on Fourth Order Cumulants / **N. Y. Liberovskiy, V. S. Priputin, I. A. Volkov** // 2022 Systems of Signal Synchronization, Generating and Processing in Telecommunications (SYNCHROINFO). – 2022. – P. 1–7.

8. **Liberovskiy, N. Y.** Evaluation of the Efficiency of Blind Signal Separation in the Problem of Detecting BPSK Signals / **N. Y. Liberovskiy, D. S. Chirov,**

V. S. Priputin // 2021 Systems of Signals Generating and Processing in the Field of on Board Communications. – 2021. – P. 1–4.

9. **Liberovskiy, N. Y.** General solution to the problem of decorrelation of a linear combination of two random complex variables / **N. Y. Liberovskiy**, V. S. Priputin, E. O. Lobova // 2021 29th Telecommunications Forum (TELFOR). – 2021. – P. 1–3.

10. **Liberovskiy, N. Y.** Incoherent DPSK and FSK Receiving Improvement Using Blind Source Separation Algorithm / **N. Y. Liberovskiy**, V. S. Priputin, D. S. Chirov // 2021 Systems of Signal Synchronization, Generating and Processing in Telecommunications (SYNCHROINFO). – 2021. – P. 1–5.

11. **Liberovskiy, N. Y.** Using Blind Signal Separation in the Task of Detecting FSK Signals / **N. Y. Liberovskiy**, V. S. Priputin, D. S. Chirov // 2021 Wave Electronics and its Application in Information and Telecommunication Systems (WECONF). – 2021. – P. 1–4.

12. **Либеровский, Н. Ю.** Использование регуляризации Тихонова при одновременной диагонализации сдвиговых статистик в методах слепого разделения сигналов / **Н. Ю. Либеровский**, В. С. Припутин // Технологии информационного общества. XI Международная отраслевая научно-техническая конференция: сборник трудов. 2017. Издательство: ООО "Издательский дом Медиа публишер" (Москва). – С. 173–174.

13. **Либеровский, Н. Ю.** Исследование эффективности метода слепого разделения сигналов двух вещественных сигналов с использованием кумулянтов четвертого порядка при различных отношениях мощности сигнала и помехи / **Н. Ю. Либеровский**, В. С. Припутин, Д. С. Чиров // Технологии информационного общества. Сборник трудов XIV Международной отраслевой научно-технической конференции. 2020. Издательство: ООО "Издательский дом Медиа публишер" (Москва). – 2020. – С. 170–172.

14. **Либеровский, Н. Ю.** Метод главных компонент и метод анализа независимых компонент в задаче слепой пространственно-поляризационной

селекции сигналов / С. С. Аджемов, А. А. Кучумов, Н. Ю. Либеровский, В. С. Припутин // Технологии информационного общества. Материалы XII Международной отраслевой научно-технической конференции. 2018. Издательство: ООО "Издательский дом Медиа паблишер" (Москва). С. 165–167.

**Недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации, отсутствуют.**

**На диссертацию и автореферат поступило 6 положительных отзывов от АО «КОНЦЕРН ВКО «АЛМАЗ – АНТЕЙ», АО РТИ, ПГУТИ, РГРТУ, СибГУТИ, РТУ МИРЭА.**

Были отмечены следующие недостатки:

1. В исследовании проведено только компьютерное моделирование разработанного алгоритма без натуральных экспериментов на реальных сигналах.
2. Из материалов автореферата не ясно, каким образом планируется реализовать данный алгоритм в абонентском оборудовании потребителя. На какой элементной базе?
3. В автореферате отсутствует представление разработанного алгоритма слепого разделения сигналов в виде блок-схемы, что позволило бы лучше оценить его эффективность.
4. Разработанный алгоритм слепого разделения сигналов сравнивается с известным алгоритмом FastICA. Однако, в автореферате отсутствует обоснование выбора данного метода FastICA в качестве эталонного.
5. В работе для слепого разделения сигналов используется процедура приведения смешанных кумулянтов выходных случайных величин к нулю. Чем обусловлен выбор именно такого критерия разделения сигналов? Есть достаточно большое количество других подходов и критериев для слепого разделения сигналов, однако в автореферате не приведено обоснование выбора критерия разделения сигналов.

6. При оценке эффективности разработанного алгоритма автор использует смесь из двух сигналов ЧМ-2, хотя на практике мешающим сигналов может быть сигнал с любым видом модуляции. Из материалов автореферата не ясно, насколько эффективно будет работать алгоритм при смешении различных радиосигналов.

7. В автореферате имеются опечатки и неточности.

8. В автореферате отсутствует критическое сравнение предложенного алгоритма с известным (FastICA), что не позволяет в полной мере оценить за счет каких ресурсов получен выигрыш у предложенного алгоритма.

9. В автореферате отсутствует расшифровка некоторых сокращений (ОСП, ОСВШ). Используемый диапазон значений ОСВШ -100...100 дБ (с. 22 автореферата) не реализуем практически в полном объеме.

10. На стр. 22 говорится о двух вариантах реализации алгоритма: последовательного и адаптированного для параллельных вычислений на устройствах. Представляется интересным оценка выигрыша для адаптированного варианта.

11. На стр. 19 автором указывается критерий оценки выигрыша в ОСП при значении ОСВШ больше 30 дБ и частотой битовых ошибок больше 0,0001. Не ясно, существует ли верхний предел вероятности битовых ошибок.

12. В автореферате не представлены рекомендации по аппаратной реализации разработанного алгоритма на отечественной элементной базе.

13. Исследование эффективности разработанного алгоритма проверялось только на сигналах с частотной манипуляцией. Сигналы такого типа не очень популярны в перспективных системах связи 5G.

**Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается** тем, что официальные оппоненты и представители ведущей организации имеют значительное количество публикаций, близких к теме диссертационного исследования.

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

– получено аналитическое выражение, приводящее смешанный кумулянт четвертого порядка выходных сигналов к нулю за счет решения частного случая полиномиального уравнения четвертого порядка за конечное количество вычислений;

– предложен алгоритм слепого разделения двух комплексных сигналов на основе новых математических выражений для решения задачи сведения смешанных кумулянтов четвертого порядка к нулю аналитическим методом, обеспечивающий относительный выигрыш в размере выборки отсчетов для расчета статистик не менее 3 раз по сравнению с алгоритмом FastICA при детектировании ЧМ-2 сигналов в диапазоне частоты битовых ошибок от 0,0001 до 0,01;

– предложенный алгоритм слепого разделения двух комплексных сигналов на основе новых математических выражений для решения задачи сведения смешанных кумулянтов четвертого порядка к нулю аналитическим методом обеспечивает выигрыш ОСП не менее 12 дБ за конечное количество вычислений при детектировании ЧМ-2 сигналов в диапазоне частоты битовых ошибок от 0,0001 до 0,1.

**Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что** получены новые математические выражения для решения задачи декорреляции сигналов и решения задачи сведения кумулянтов четвертого порядка к нулю аналитическим методом.

**Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что** разработан алгоритм слепого разделения двух комплексных сигналов, позволяющий повысить ОСП на выходе приемника при детектировании и дальнейшей обработке цифровых сигналов без дополнительной априорной информации.

**Достоверность** результатов диссертационной работы обеспечивается корректностью применения математических методов и соответствием результатов, полученных путем аналитических расчетов и численного моделирования.

**Личный вклад** соискателя состоит в непосредственном получении соискателем научных результатов. Автор принимал непосредственное участие в планировании и проведении работы, обработке и обсуждении полученных результатов, подготовке публикаций.

Диссертация Либеровского Н.Ю. является научно-квалификационной работой, содержащей решение актуальной научной задачи – разработки алгоритма слепого разделения комплексных сигналов.

По новизне, уровню научной проработки и практической значимости полученных результатов работа отвечает требованиям п.9 и п.10 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013г. № 842, а ее автор Либеровский Никита Юрьевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.13 – Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения.

На заседании 15 декабря 2022 г. диссертационный совет принял решение присудить Либеровскому Н.Ю. ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 15 человек, из них 7 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 20 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за 15, против 0, недействительных бюллетеней 0.

Председатель

диссертационного совета

А.С. Аджемов

Ученый секретарь

диссертационного совета

М.В. Терешонок

Заключение совета составлено 15 декабря 2022 г.

