

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 55.2.004.01,  
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО  
БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ ИМ. ПРОФ. М.А. БОНЧ-БРУЕВИЧА»  
МИНИСТЕРСТВА ЦИФРОВОГО РАЗВИТИЯ, СВЯЗИ И МАССОВЫХ  
КОММУНИКАЦИЙ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ,  
НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ ДОКТОРА ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК

аттестационное дело № \_\_\_\_\_  
решение диссертационного совета от 03 апреля 2024 г. № 3

О присуждении Лернеру Илье Михайловичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени доктора технических наук.

Диссертация «Модели и методы повышения пропускной способности радиотехнических систем передачи информации в частотно-селективных каналах связи с межсимвольными искажениями» по специальностям 2.2.13. Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения, 2.2.15. Системы, сети и устройства телекоммуникаций принята к защите 15 декабря 2023 года, протокол № 18 диссертационным советом 55.2.004.01, созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича» Министерства цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации, 191186, Санкт-Петербург, наб. реки Мойки, д. 61, приказ № 258/нк от 27 марта 2019 года.

Соискатель Лернер Илья Михайлович, 15.06.1985 года рождения, работает доцентом в федеральном государственном учреждении высшего образования «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

Диссертацию на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук «Анализ переходных процессов в узкополосных линейных системах при скачках фазы и амплитуды гармонического колебания» защитил в 2012 году в диссертационном совете, созданном на базе федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Казанский (Приволжский) федеральный университет». С 01.10.2013 по 01.10.2016 являлся докторантом федерального государственного учреждения

высшего образования «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ».

Диссертация выполнена на кафедре электронных и квантовых средств передачи информации и кафедре нанотехнологий в электронике федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

Научные консультанты – доктор технических наук наук, Ильин Герман Иванович, основное место работы: федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ», кафедра электронных и квантовых средств передачи информации, профессор; доктор технических наук, Файзуллин Рашид Робертович, основное место работы: федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ», кафедра нанотехнологий в электронике, заведующий кафедрой.

Оппоненты: 1. Хворенков Владимир Викторович, доктор технических наук, профессор, основное место работы: федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова», кафедра радиотехники, заведующий кафедрой; 2. Воловач Владимир Иванович, доктор технических наук, доцент, основное место работы: федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Поволжский государственный университет сервиса», Высшая школа передовых производственных технологий, и.о. директора, 3. Сороцкий Владимир Александрович, доктор технических наук, доцент, основное место работы: федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», Высшая школа прикладной физики и космических технологий, профессор, дали положительные отзывы о диссертации.

Ведущая организация акционерное общество «Концерн «Созвездие», г. Воронеж, в своем положительном заключении, подписанном Тихомировым Николаем Михайловичем, доктором технических наук, старшим научным сотрудником, начальником научно-технического управления научно-технического центра «Техника радиосвязи», утвержденном Радько Николаем

Михайловичем, доктором технических наук, доцентом, заместителем генерального директора по научно-техническому развитию АО «Концерн «Созвездие», указала, что диссертационная работа является законченной научно-квалификационной работой, в которой содержится решение научной проблемы, заключающейся в теоретическом обосновании и разработке новых моделей и методов обработки ФМн-*n*- и АФМн-*N*-сигналов на базе адаптивного управления режимами работы радиотехнических систем с последовательной передачей информации, функционирующих в частотно-селективных каналах связи при наличии межсимвольных искажений с целью повышения их пропускной способности и помехоустойчивости, имеющей важное значение для развития технико-технологического уклада страны в отрасли цифрового развития и связи и повышения её обороноспособности. Диссертация соответствует искомым специальностям 2.2.13. Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения, 2.2.15. Системы, сети и устройства телекоммуникаций.

Соискатель имеет 147 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации 67, из них в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК, – 23, в том числе 21 в изданиях, соответствующих искомой специальности, а также: 16 работ в изданиях, индексируемых в международных базах цитирования; 10 результатов интеллектуальной деятельности; 30 статей в других научных журналах, сборниках научных статей, трудов и материалах конференций; 2 отчета о НИР. Из них 7 работ опубликованы соискателем без соавторства. Общий объем авторского вклада в работы (без результатов интеллектуальной собственности) составляет 55,75 печ.л. из общего количества 73,1 печ.л. Диссертация не содержит недостоверных сведений об опубликованных соискателем ученой степени работах.

Наиболее значительные научные работы по теме диссертации.

Публикации в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК:

1. Лернер И.М. К вопросу увеличения скорости передачи в фазовых радиотехнических системах передачи информации, работающих при сильных межсимвольных искажениях в линейном радиотракте / И.М. Лернер, Н.Н. Камалетдинов // Научно-технические исследования в космических исследованиях Земли. 2017. Т. 9. № 5. С. 92–104.

2. Лернер И.М., Ограничение пропускной способности избирательными системами при воздействии ФМн-*n*-сигнала / И.М. Лернер, Г.И. Ильин // Нелинейный мир. 2017. Т.15. № 1. С. 8-12.

3. Лернер И.М. Об одной возможности увеличения скорости передачи при наличии дестабилизирующих факторов в системах связи, использующих

взаимную интерференцию символов / И.М. Лернер, Г.И. Ильин // Физика волновых процессов и радиотехнические системы. – 2017. – Т.20. – №4. – С.24–34.

4. Лернер И.М. Особенности обработки фазоманипулированного сигнала с п дискретными состояниями в условиях межсимвольных искажений в линейном радиотракте / И.М. Лернер, М.И. Хайруллин, Г.И. Ильин, В.И. Ильин // Нелинейный мир. 2017. Т.15. № 6. С. 54-61.

5. Лернер И.М. Особенности обработки фазоманипулированного сигнала с п дискретными состояниями в условиях межсимвольных искажений в линейном радиотракте при расстройке по частоте / И.М. Лернер, М.И. Хайруллин, Г.И. Ильин, В.И. Ильин // Нелинейный мир. 2017. Т.15. № 6. С. 17-25.

6. Лернер И.М. Метод оценки пропускной способности реальных каналов связи с многопозиционными фазоманипулированными сигналами при наличии межсимвольных искажений и его применение // Т-Comm: Телекоммуникации и транспорт. 2017. Том 11. №8. С. 52-58

7. Лернер И.М. Аналитическая оценка пропускной способности канала связи с частотной характеристикой резонансного фильтра при наличии межсимвольных искажений и использовании многопозиционного фазоманипулированного сигнала // Т-Comm: Телекоммуникации и транспорт. 2017. Т. 11. № 9. С. 65–73.

8. Лернер И.М. Оценка пропускной способности реальных каналов связи с АФМн-N-сигналами при наличии МСИ / И.М. Лернер, С.М. Чернявский // Т- Comm: Телекоммуникации и транспорт. 2018. Том 12. №4. С. 48-55.

9. Лернер И.М. К вопросу о циклостационарности АФМн-N-сигналов, наблюдаемых на выходе канала связи с межсимвольными искажениями / И.М. Лернер, Г.И. Ильин, А.Г. Ильин // Вестник КГТУ им. А.Н. Туполева, 2018. №3. С. 107-117.

10. Лернер И.М. Численный метод оценки потенциальной пропускной способности при использовании ФМн-n-сигнала в канале связи с межсимвольными искажениями / И.М. Лернер, Г.И. Ильин // Вестник КГТУ им. А.Н. Туполева, 2018. №4. С. 138-149.

11. Лернер И.М. Исследование вероятностных характеристик циклостационарных АФМн-N-сигналов, наблюдаемых на выходе канала связи с межсимвольными искажениями / И.М. Лернер, Г.И. Ильин, А.Г. Ильин // Вестник КГТУ им. А.Н. Туполева, 2018. №4. С. 150-157.

12. Лернер И.М. Особенности функционирования каналов связи с АФМн-N-сигналами при использовании взаимно коррелированными символами / И.М.

Лернер, М.М. Фатыхов, Г.И. Ильин // Физика волновых процессов и радиотехнические системы. 2019. Т.22. №1. С.36–49

13. Лернер И.М. К вопросу оптимизации амплитудно-частотных характеристик каналов связи с ФМН-п-сигналами, построенных на основе теории разрешающего времени // Т-Comm: Телекоммуникации и транспорт. – 2019. – № 9. – С. 36-49.

14. Лернер И.М. О влиянии формы амплитудно-частотной характеристики на пропускную способность канала связи с памятью, использующего принципы теории разрешающего времени, с АФМн-N-сигналами // Т-Comm: Телекоммуникации и транспорт. 2019. Т. 13. №10. С. 45-59.

15. Лернер И.М. К вопросу о выборе метода анализа переходных процессов для развития теории временного разрешения. Ретроспективный аналитический обзор // Т-Comm: Телекоммуникации и транспорт. 2021. Том 15. №8. С. 62-70.

16. Лернер И.М., Файзуллин Р.Р., Рябов И.В. Высокопроизводительный алгоритм оценки пропускной способности каналов связи, функционирующих на базе теории разрешающего времени / И.М. Лернер, Р.Р. Файзуллин, И.В. Рябов // Радиотехника. – 2022. – Т.86. –№4. – С.91– 109.

17. Лернер И.М. Повышение удельной пропускной способности как фундаментальная проблема теории связи. Стратегия развития в постшенноновскую эпоху. Часть 1 – Ретроспективный обзор методов приёма и обработки сигналов в частотно-селективных каналах связи при скоростях передачи информации выше скорости Найквиста / И.М. Лернер, Р.Р. Файзуллин, А.Н. Хайруллин, Д.В. Шушпанов, В.И. Ильин, И.В. Рябов // Успехи современной радиоэлектроники – 2023. – Т.77. – №1. – С.37-50

18. Лернер И.М. Повышение удельной пропускной способности как фундаментальная проблема теории связи. Стратегия развития в постшенноновскую эпоху. Часть 2 – Ретроспективный обзор методов приёма и обработки сигналов в частотно-селективных каналах связи при наличии межсимвольных искажений / И.М. Лернер, Р.Р. Файзуллин, А.Н. Хайруллин, Д.В. Шушпанов, В.И. Ильин, И.В. Рябов // Успехи современной радиоэлектроники – 2023. – Т.77. – №2. – С.16-33

19. Лернер И.М. Повышение удельной пропускной способности как фундаментальная проблема теории связи. Стратегия развития в постшенноновскую эпоху. Часть 3 – Ретроспективный обзор методов оценки пропускной способности частотно-селективных каналов связи при наличии межсимвольных искажений и использовании ФМн-п и АФМн-N-сигнала / И.М. Лернер, Р.Р. Файзуллин, Д.В. Шушпанов, В.И. Ильин, И.В. Рябов,

А.Н. Хайруллин // Успехи современной радиоэлектроники – 2023. – Т.77. – №3. – С.24- 33

20. Лернер И.М. Способ повышения пропускной способности радиотехнической системы с последовательной передачей информации в узкополосных КВ-каналах связи на базе теории разрешающего времени // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. 2023. № 1. С.6-23

21. Лернер И.М. Методы оценки пропускной способности с учётом требуемой помехоустойчивости фазовой радиотехнической системы с последовательной передачей информации в среднеширотных узкополосных КВ-каналах связи // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. 2023. № 1. С.24-40.

Публикации в изданиях, индексируемых в МБЦ:

22. Lerner I.M. Transient Process in an Oscillatory Circuit Caused by Stepwise Phase Changes / I.M. Lerner, G.I. Il'in // Journal of Communications Technology and Electronics, 2010. – Vol. 55. – No. 12. – P. 1385-1390.

23. Lerner I.M. Transient Processes in a Bandpass Filter Caused by Stepwise Phase Variations / I.M. Lerner, G.I. Il'in, S.M. Chernyavskii // Journal of Communications Technology and Electronics, 2011. – Vol. 56. – No. 3.– P. 320-325.

24. Lerner I.M. The Analysis of the Transient Process Caused by a Jump in the Amplitude and Phase of Radio Pulse at the Input of Narrowband Linear System / I.M. Lerner, G.I. Il'in / Journal of Communications Technology and Electronics, 2012. – Vol. 57. – No. 2. – P. 174-188.

25. Lerner I.M. To Matter of Increasing the Spectral Efficiency of Phase Radio-Technical Data Transmission Systems Operating under Strong Intersymbol Interference / I.M. Lerner, R.R. Faizullin, S.M. Chernyavskii // Russian Aeronautics. – 2018. – Vol. 61. – No.1 . – PP. 120-126.

Результаты интеллектуальной деятельности:

26. Быстродействующий параллельный АЦП / Ильин Г.И., Рябов И.В., Лернер И.М., Файзуллин Р.Р. заявитель и патентообладатель Ильин Г.И., Рябов И.В., Лернер И.М., Файзуллин Р.Р. – RU 2777024; заяв. 10.08.2020; опубл. – 01.08.2022. – 2 с.

27. Способ аналого-цифрового преобразования и устройство для его осуществления / Рябов И.В., Лернер И.М., Ильин Г.И. заявитель и патентообладатель федеральное государственное бюджетное образовательное

учреждение высшего образования «ПГТУ» – RU 2696557; заявл. 21.11.18; опубл. – 2 с.

28. Свид. о гос. регистрации прог. для ЭВМ 2021615647 Российская Федерация. Программный комплекс для построения карт областей окон прозрачности и граничного времени установления информативных параметров ФМн-п- и АФМн-Н-сигналов для радиотехнических систем передачи информации (РСПИ) / И.М. Лернер, Р.Р. Файзуллин ; заявитель и патентообладатель КНИТУ – КАИ – № 2021614237; заявл. 31.03.21; опубл. 9.04.21. – 2 с.

29. Свид. о гос. регистрации прог. для ЭВМ 2021619969 Российская Федерация. Программный комплекс для оценки наименьшего числа реализаций модулирующей псевдослучайной последовательности ФМн-п- и АФМн-Н-сигнала, необходимого для формирования цикло-стационарного процесса на выходе канала с памятью / И.М. Лернер; заявитель и патентообладатель КНИТУ – КАИ – № 2021619147; заявл. 11.06.21; опубл. 21.06.21. – 2 с.

30. Свид. о гос. регистрации прог. для ЭВМ 2022668160 Российская Федерация. Программа для построения вероятности ошибки на символ от его длительности для РСПИ ППИ с ФМн-Н-сигналами, вызванной МСИ в частотно-селективных каналах связи / И.М. Лернер; заявитель и патентообладатель КНИТУ-КАИ – № 2022667521; заявл. 28.09.22; опубл. 4.10.22. – 2 с.

31. Свид. о гос. регистрации прог. для ЭВМ 2022667954 Российская Федерация. Программа для построения вероятности ошибки на символ от его длительности для РСПИ ППИ с АФМн-Н-сигналами, вызванной МСИ в частотно-селективных каналах связи / И.М. Лернер; заявитель и патентообладатель КНИТУ-КАИ – № 2022666595; заявл. 12.09.22; опубл. 29.09.22. – 2 с.

32. Свид. о гос. регистрации прог. для ЭВМ 2021615057 Российская Федерация. Программа для аналитической оценки разрешающего времени и пропускной способности каналов связи с межсимвольными искажениями (МСИ), использующих ФМн-п-сигналы в радиотехнических системах передачи информации (РСПИ) / И.М. Лернер; заявитель и патентообладатель КНИТУ-КАИ № 2021614247; заявл. 31.03.21; опубл. 02.04.21. – 2 с.

33. Свид. о гос. регистрации прог для ЭВМ 2021615058 Российская Федерация. Программа для аналитической оценки разрешающего времени и пропускной способности каналов связи с межсимвольными искажениями (МСИ), использующих АФМн-п-сигналы в радиотехнических системах передачи информации (РСПИ) / И.М. Лернер; заявитель и патентообладатель КНИТУ-КАИ – № 2021614238; заявл. 31.03.21; опубл. 02.04.21. – 2 с.

Публикации в других изданиях:

34. Лернер, И.М. О повышении пропускной способности беспроводных систем связи с ФМн-п-сигналами в каналах связи с межсимвольными искажениями / И.М. Лернер, Р.Р. Файзуллин, С.Т. Яушев // Вестник Казанского государственного технического университета им. А.Н. Туполева. – 2019. – Т. 75, № 3. – С. 159-168. – EDN EZTNCO.

35. Лернер, И.М. Оценка пропускной способности беспроводных систем связи на основе выбора оптимальной комплексной частотной характеристики канала / И.М. Лернер // Вестник Казанского государственного технического университета им. А.Н. Туполева. – 2019. – Т. 75, № 4. – С. 142-151. – EDN TCZXBR.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы: официальных оппонентов В.В. Хворенкова, В.И. Воловача, В.А. Сороцкого, ведущей организации АО «Концерн «Созвездие»; Тимошенко А.В., д.т.н., проф., начальника комплексного отдела АО «Радиотехнический институт им. Академика А.Л. Минца»; Джигана В.И., д.т.н., главного научного сотрудника Института проблем проектирования в микроэлектронике РАН; Карпова А.В., д.ф.-м.н., проф., профессора кафедры радиофизики Казанского (Приволжского) федерального университета; Вишневого В.М., д.т.н., проф., заведующего лабораторией № 69 Института проблем управления РАН; Минкина М.А., д.т.н., проф., главного научного сотрудника АО «Самарское инновационное предприятие радиосистем»; Патохина В.А., д.т.н., с.н.с., ведущего научного сотрудника и Цыванюка В.А., к.в.н., старшего научного сотрудника Научно-исследовательского центра телекоммуникационных технологий ВМФ, корабельных комплексов и средств обмена информацией и разведки ВУНЦ ВМФ «Военно-морской академии» им. Адмирала флота Советского Союза Н.Г. Кузенцова; Фреймана В.И., д.т.н., доц., профессора кафедры автоматики и телемеханики Пермского национального исследовательского политехнического университета; Ямпурин Н.П., д.т.н., проф., профессора кафедры конструирования и технологий радиоэлектронных средств Арзамасского политехнического института (филиал) ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева»; Орощука И.М., д.т.н., проф., профессора кафедры радиоэлектронного оборудования морской авиации ВМФ Тихоокеанского высшего военного-морского училища им. С.О. Макарова; Докучаева В.А., д.т.н., проф., заведующего кафедрой сетевых информационных технологий и сервиса Московского технического университета связи и информатики; Савельева А.Н., д.т.н., профессора кафедры радиоэлектронных систем и устройств Московского государственного

технического университета им. Н.Э. Баумана; Кузьменкова В.Ю., д.т.н., с.н.с. и Петренко С.В., д.т.н., начальников отделов ОКБ «ЛЭМЗ» ПАО НПО «Алмаз»; Новикова Е.А., д.т.н., доц., начальника кафедры сетей и систем связи космических комплексов и Ефимова В.В., д.т.н., проф., профессора кафедры автономных систем управления Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского; Шевцова В.А., д.т.н., проф., профессора кафедры инфокоммуникаций Московского авиационного института (национальный исследовательский университет); Сержантова А.М., д.т.н., старшего научного сотрудника лаборатории ЭДСВЧЭ Института физики им. Л.В. Киренского Сибирского отделения РАН.

Все отзывы положительные, но имеются критические замечания: В диссертации нет оценки энергетических затрат, которые необходимы для увеличения пропускной способности. Для повышения быстродействия обработки сигналов требуется минимизация времени переходных процессов. Непонятно, почему в диссертации основное внимание уделяется оценке наибольшего времени установления. На стр. 225 и 226 приведены строгие неравенства. Однако, как следует из утверждения автора, при некоторых условиях они превращаются в равенство. Поэтому в приведенных формулах следует использовать нестрогие неравенства. Для реализации разработанных методов соискателем создано программное обеспечение на языке интерпретатора М среды Matlab/Simulink. Насколько ухудшатся результаты при переводе программного обеспечения на языки, пригодные для реализации на сигнальных процессорах, например язык C++? Согласно, приведенном на стр. 187, определению разрешающим временем по фазе является объединение трех множеств. Следовательно, само разрешающее время является множеством. Однако в дальнейшем разрешающее время используется как текущее время без указания места во множестве. Такая вольность в представлении затрудняет восприятия большого количества приведенных формул. В разделе 4.2 на стр. 258 указано, что в качестве мажорирующих рядов были выбраны три типа ряда на основе анализа литературы по переходным процессам. При этом остаётся не ясным, по какому критерию выбраны применяемые в данной диссертационной работе типы мажорирующих рядов. В разделах 4.2 и 4.3 на основе доказательства свойства о «комбинациях символов» указывается, что общее число уравнений, подлежащих решению может быть уменьшено при оценке разрешающего времени за счёт итерационной процедуры оценки разрешающего времени (проверке решения для  $(d-1)$ -го и  $d$ -го - символа), что должно позволить снизить и объем вычислений по сравнению с тем случае, когда число уравнений полагается  $G+1$ . В работе не показано, при каком

числе символов целесообразно применять итерационную процедуру, а в каком случае обеспечить решение набора уравнений, состоящего из  $G+1$  уравнений. В заключении указывается, что дальнейшее развитие теории разрешающего времени необходимо проводить, в том числе, за счёт снижения вычислительной сложности алгоритмов до линейной, прежде всего для тех, которые основаны на аналитических методах. При этом автором не раскрывается - возможно ли этого достичь за счёт методов аналитической кластеризации полиномов для аналитических методов, которые представлены в работе, используя их совместно существующими методами решения задач оптимизации. Бóльшая часть диссертации посвящена рассмотрению каналов без аддитивного шума, что требует дополнительного пояснения в части обоснования актуальности работы, поскольку в таких каналах пропускная способность определяется техническими возможностями АЦП и ЦАП. Требуется пояснить, почему не учитывается источник аддитивного шума в математической модели канала связи с памятью, представленной на рис. 3.1 в тексте диссертации и на рис. 4 в автореферате. В работах многих известных авторов (Л.М. Финк, Дж. Прокис, Дж. Возенкрафт, И.А. Цикин и др.) используется модель канала с линейным фильтром и источником аддитивного шума между передатчиком и приемником. Если автор посчитал, что подобный источник шума не влияет на характеристики радиотехнической системы передачи информации, то это следует обосновать. В разделе 3.3 оценка пропускной способности канала связи с памятью также осуществляется без учета влияния источника аддитивного шума, что в условиях отсутствия соответствующих обоснований, снижает ценность данных результатов. В разделе 4.1 на стр. 226 указывается, что решение строгого неравенства  $B_0(t_3) > B_0(t_3')$ , записанного для функции установления  $B_0$ , достигается при выполнении соотношения (4.1.56). Но при этом нарушается смысл приведенного далее утверждения о том, что данное неравенство переходит в равенство при  $M_{r-1}' < 1$  и  $\alpha_{r-1} \neq 0$ . В разделе 4.3 на стр. 275, при постановке задачи поиска экстремумов для обозначения параметров, не участвующих в решении задачи, используется обозначение идемпотентность «idem», который используется в алгебре и информатике для обозначения свойств операции над числами и, в меньшей степени, для обозначения свойств чисел. В этой связи целесообразно было использовать обозначение «const». В разделах 4.2, 4.3, 4.5 для оценки эффективной памяти используется нестатистический метод оценки разрешающего времени, одной из ключевых особенностей которого является использование типов мажорирующих рядов для оценки остатка ряда. При этом неясно, на каком основании были выбраны типы мажорирующих рядов,

указанные на стр. 258. В приложении 1 представлены методы аналитической кластеризации, которые позволяют снизить объем вычислений за счёт выявления одинаковых полиномов в суммах для аналитических методов. В диссертации не указано, может ли эта процедура быть произведена до оценки импульсной характеристики канала и, если «да», то каким образом. Научный результат 6, представленный в Заключение, требует сравнения с аналогичными результатами, известными из литературы. В разделе 4.6. на стр. 323 указано, что конкретное значение параметра  $\Delta C1 \in (0; 5)$  при оценке пропускной способности численным методом, определяется из анализа динамики поведения зависимости  $\hat{G} \left( \overset{\circ}{U}(t_{\text{раз}_1}) \right)$ .

При этом остается неясным, каким образом производится этот анализ, что требует дополнительного пояснения, поскольку этот факт существенным образом влияет на объем вычислений. В разделах 4.2–4.5 представлены аналитические и численные методы оценки разрешающего времени и пропускной способности частотно-селективного канала связи, а в разделе 5.1 – временные оценки программных реализаций алгоритмов, которые их реализуют. При этом остаётся неясным какой конкретно численный метод использовался для решения нелинейных алгебраических уравнений для оценки наибольшего времени установления в обоих случаях. В разделах 5.1 представлены интегральные оценки затрачиваемого времени на оценку разрешающего времени и пропускной способности с помощью разработанных алгоритмов. Однако для практической реализации алгоритмов на программируемых логических интегральных микросхемах целесообразно было представить временную диаграмму выполнения, каждого из этапов реализации этих методов. Из автореферата неясно, почему для сравнения со стандартом STANAG-4539 выбраны следующие параметры канала: парциальный канал 3 кГц с задержкой в 185 мкс между лучами одинаковой мощности и доплеровским расширением 0,5 Гц. В автореферате не обосновано, на основании чего выбрана нестабильность восстановления несущей в 0,018 Гц. Автор не поясняет, какой вариант реализации численного метода оценки вероятности ошибки на является наиболее экономичным с точки зрения затрачиваемого объема оперативной при его практической реализации. В автореферате не отражено, каким образом производится аналитическая кластеризация повторяющихся слагаемых в полиномах для аналитического метода. Не указано, при каком значении доплеровского сдвига по частоте относительно центральной частоты канала получен выигрыш по пропускной способности и помехоустойчивости в информационном канале? Неясно, какая из процедур при использовании аналитического метода расчёта является наиболее

затратной в вычислительном отношении. Из материалов автореферата не понятно, каким образом было определено число уравнений в наборе (параметр  $V$ , стр. 23), подлежащих решению при использовании аналитического метода. В автореферате не указано, как реализована процедура аналитической кластеризации (стр.26). Из материалов автореферата неясно, какую структуру имеет полная преамбула и её укороченная формы, используемые в информационном канале. Непонятно, применяется ли автоматическая регулировка усиления в приемном устройстве предлагаемого концепта модема и как она организована. Не указано, какое значение составляет эффективная память для частотно-селективных каналов, используемых для оценки разработанных методов. Из автореферата неясно, какие новые физические свойства и явления рассмотрены в диссертации, которые позволяют повысить пропускную способность (первое положение, выносимое на защиту). Кроме того, формулировка первого положения, выносимого на защиту не используется в заключении диссертации. На основании какого критерия была выбрана реализация декаметрового канала для сравнения результатов, достигаемых за счёт применения теории разрешающего времени в рамках стандарта STANAG 4539. Какие значения нестабильностей по символьной синхронизации требуется обеспечить в рамках предлагаемого концепта фазовой радиотехнической системы с последовательной передачей информации для достижения продемонстрированного выигрыша пропускная способность – помехоустойчивость». Может ли процедура аналитической кластеризации одинаковых полиномов быть реализована предварительно до организации процесса передачи пользовательской информации? Из текста автореферата неясно, применимы ли предлагаемые модели и методы обработки при некогерентном приёме сигналов. Было бы интересно, насколько эффективен предложенный математический аппарат для приема сигналов в условиях действия помех, приводящим к другим типам искажений («дробление», «дребезг фронтов» и т.д.) Из полученных результатов времени расчёта пропускной способности непонятно, имеют ли ценность именно абсолютные значения, или показана тенденция к их уменьшению для однотипных вычислительных устройств вследствие предложенных автором моделей и методов. Из автореферата неясно, как были верифицированы предложенные математические модели. Из автореферата не ясно, чем руководствовался автор при оценке удельной пропускной способности КВ-канала. Почему в приводимых результатах численного моделирования на стр. 34 использовалась временная задержка между лучами 185 мкс, если на практике временная задержка для ионосферных трасс достигает до 3 мс и более? Из приведенного на стр. 22 результата достижения

максимальной пропускной способности частотно-селективных каналов связи с ФМ-*n* с модемом  $C_{\max} = 9,02$  бит/Гц·с не ясно, что характеризует значение параметра  $\alpha_0 = 0,499$  и как это значение соотносится с параметрами реальных каналов. То есть для каких каналов связи можно достичь максимальной эффективности работы исследованного радиомодема. Отсутствие в автореферате данных о результатах верификации разработанных моделей радиотехнических систем передачи информации (каналов связи) ограничивает возможность оценки достоверности авторских моделей. В представленной структурной схеме не отражено, какие функции обрабатывают радиоэлектронные средства сервисного канала. Требуется дополнительных разъяснений, когда применяется основной и вспомогательный режим передачи данных, которые отражены на рис. 9-11. В автореферате не показано, каким образом была определена производительность процессора FP-64 для платформы Dell-Precision 7540-5260. Соискателем не показано, насколько плотную, не завышенную оценку обеспечивает нестатический метод оценки эффективной памяти, поскольку он использует мажорирующие ряды. Из автореферата не ясно, каким образом реализуется аналитическая кластеризация одинаковых слагаемых в полиномах, которые требуется рассчитать при решении уравнений для снижения вычислительной сложности. Из изложенного в автореферате неясно, на основании какого параметра или их совокупности производится принятие решения о переходе из основного режима работы предлагаемой фазовой РСПИ во вспомогательный и обратно на периоде квазистационарности канала. Какое программно-техническое решение предполагается реализовать для достижения целевых параметров по I/Q дисбалансу, используемых при расчётах помехоустойчивости (рис. 13). Из автореферата не ясно, какая разрядность аналого-цифрового преобразователя должна быть использована для достижения требуемого диапазона в условиях декаметровых трасс. Из автореферата не ясно, возможно ли реализовать оценку разрешающего времени за счёт использования GPU модулей и если да, то какие потребуются для этого технические решения.

Выбор оппонентов и ведущей организации обосновывается тем, что оппоненты и ведущая организация известны своими работами в области защищаемой диссертации. Д.т.н., профессор В.В. Хворенков известен своими публикациями в области построения цифровых систем передачи информации по нестационарным, частотно-селективным каналам связи служебного назначения (КВ, УКВ диапазона, в том числе в условиях Арктики), которые имеют широкую направленность от разработки программно-аппаратных средств для имитации работы радиосредств, алгоритмов функционирования радиотехнических систем,

реализующих принципы когнитивного радио, методов оценки и компенсации фазового дисбаланса квадратурных составляющих сигнала, исследованию вопросов помехоустойчивости, созданию моделей инфокоммуникационных сетей различного назначения. Профессор В.В. Хворенков является директором филиала АО «СРЗ» директором конструкторского бюро «КБ «Радиосвязь». Д.т.н., доцент В.И. Воловач известен своими публикациями в области исследования мультипликативных помех, в том числе флуктуационных и модулирующих, на различные типы сигналов, построения моделей и методов их обработки в том числе в задаче разрешения сигналов, системного анализа методов помехоустойчивого кодирования при использовании когерентного и некогерентного приема сигналов при наличии мультипликативных помех. Д.т.н., доцент В.А. Сороцкий известен своими публикациями в области анализа переходных процессов в сложных линейных и нелинейных системах (мощных радиопередатчиков, в т.ч. декаметрового диапазона) в различных режимах передачи и скоростях модуляции, особенно при скоростях выше скорости Найквиста, повышения энергетической эффективности радиопередающих устройств КВ-диапазона. АО «Концерн «Созвездие» зарекомендовало себя крупными научными достижениями в следующих научных направлениях (руководители направлений академик РАН, д.т.н., профессор В.И. Борисов, д.т.н., с.н.с. Н.М. Тихомиров, д.т.н., с.н.с В.А. Маковий, д.ф.-м.н. доцент Л.И. Аверина):

- 1) помехозащищенность систем радиосвязи (теория помехозащищенности систем радиосвязи для широкого класса преднамеренных и не преднамеренных помех, при этом исследованы оптимальные и адаптивные алгоритмы в различных радиотехнических системах);
- 2) создание помехозащищенных программно-определяемых систем и средств связи (создание когнитивных средств радиосвязи, обеспечивающих оперативное распределение полезного трафика между различными потребителями услуг связи изменение скорости передачи и полосы используемых частот, выбора частотного ресурса во время работы на вторичной основе с учетом нестационарной помеховой обстановки, разработка сигнально-кодовых конструкций, обеспечивающих повышенную устойчивость к мультипликативному воздействию на сигнал), создание устройств синтеза частот с высокими эксплуатационными параметрами (проведение теоретических и прикладных исследований устройств синтеза частот для приемопередающей аппаратуры комплексов радиосвязи, используемых для различных уровней управления в Вооруженных силах РФ и других силовых ведомствах, способных обеспечивать работоспособность в условиях радиоэлектронной борьбы, развитие направления в теории синтеза частот на основе описания модели

функционирования нелинейных импульсных и цифровых систем фазовой автоподстройки частоты, разработка инженерных методик модельно-ориентированного проектирования синтезаторов частот с целью снижения уровня фазовых шумов и побочных спектральных составляющих при одновременном увеличении скорости перестройки), разработка систем связи для комплексов ПВО (разработка и создание средств радиосвязи широкополосного доступа с повышенным энергопотенциалом, обеспечивающих высокую спектральную эффективность и способных функционировать в условиях нестационарности частотно-селективных каналов передачи данных).

**Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований** решена проблема теоретического обоснования и разработки новых моделей и методов обработки ФМн-п- и АФМн- N-сигналов на базе адаптивного управления режимами работы радиотехнических систем с последовательной передачей информации, функционирующих в частотно-селективных каналах связи при наличии межсимвольных искажений с целью повышения их пропускной способности, а именно: **разработаны** – 1) теория разрешающего времени для фазовых радиотехнических систем с последовательной передачей информации, которая, в рамках длительности квазистационарности среднеширотного декаметрового канала с учётом помеховой обстановки и нестабильностей, присущих подсистемам указанного класса систем, позволяет обеспечить одновременную оценку пропускной способности, требуемую для этого конфигурацию сигнального созвездия и длительности канального символа и, что позволило реализовать адаптивное управление режимами работы, в совокупности с разработанными математическими моделями и методами оценки пропускной способности с низкой или постоянной вычислительной сложностью; 2) подход к анализу переходного процесса, вызванного одновременным скачком фазы (и амплитуды) гармонического колебания на входе узкополосных линейных систем за счёт развития метода медленно меняющихся амплитуд С.И. Евтянова, позволивший выявить качественно новые закономерности, в т.ч. используемые для повышения пропускной способности составных частотно-селективных каналах связи; 3) нестатистический метод оценки эффективной памяти составного частотно-селективного канала связи для фазовых радиотехнических систем с последовательной передачей информации, позволяющий повысить точность оценки эффективной памяти канала и расширение границ применимости получаемых результатов; 4) новые решения по аналогового-цифровой обработке сигналов повышающие точность измерений и частоту дискретизации;

5) обобщенная структурная схема фазовой радиотехнической системы с последовательной передачей информации с адаптивным управлением режимами работы, реализующая принципы теории разрешающего времени; функциональная схема фазовой радиотехнической системы с последовательной передачей информации по среднеширотным трассам КВ-диапазона по частотно-селективным каналам с полосой парциального канала 3 кГц, в которой адаптивное управление режимами работы реализуется новыми алгоритмами оценки разрешающего времени, пропускной способности и помехоустойчивости; **предложены** – 1) оригинальные математические модели составных узкополосных частотно-селективных каналов связи, учитывающие избирательные свойства радиотракта реальных фазовых радиотехнических систем с последовательной передачей информации с линейным приемником для среднеширотных декаметровых трасс и метровых трасс с ионосферным рассеянием, которые имеют одинаковые параметры по задержкам между лучами и доплеровскому расширению спектра, при наличии системных неблагоприятных факторов; 2) методы оценки пропускной способности и помехоустойчивости, реализованные на базе вычисления «разрешающего времени», вычислительная сложность которых не зависит от объёма канального алфавита, и, которые позволили выявить новый режим работы – режим «окон прозрачности»; 3) оригинальный подход к оценке пропускной способности (в общем случае нижней границы) реального составного частотно-селективного канала связи в условиях его квазистационарности на малых длительностях при наличии сильных межсимвольных искажений, в которых передача информации производится с помощью многопозиционных фазоманипулированных и амплитудно-фазоманипулированных сигналов, а обработка осуществляется линейным приёмником с низкой вычислительной сложностью и алгоритм оценки помехоустойчивости; **доказаны** – 1) перспективность использования нового режима работы фазовой радиотехнической системы с последовательной передачей информации – режима «окон прозрачности», обусловленных наличием нескольких собственных частот у составного частотно-селективного канала связи, для повышения удельной пропускной способности в 1.2–1.9 раза по сравнению со случаем, когда данный режим не используется на базе разработанных аналитических и численных методов; 2) наличие закономерности между значением начальной фазы сигнального созвездия и вероятностью ошибки на символ, обусловленные межсимвольными искажениями, представленной в виде правила выбора значения начальной фазы сигнального созвездия, обеспечивающее наибольшую помехоустойчивость и отсутствие постоянной

ошибки на символ; 3) на основе численного моделирования для радиотехнической системы с последовательной передачей информации, реализующей принципы теории разрешающего времени, функционирующей в парциальном 3 кГц частотно-селективных каналов связи КВ-диапазона показан выигрыш по пропускной способности более чем на 25%, а по помехоустойчивости – не менее, чем на 5,93 дБ при  $BER = 10^{-3}$  по сравнению с результатами, достигаемыми в стандарте НАТО, применяющегося в настоящее время в качестве международного, STANAG 4539; **введен** новый системный параметр для фазовых радиотехнических систем с последовательной передачей информации – разрешающее время, на основании которого определяется пропускная способность реального частотно-селективного канала связи.

**Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что: доказано** достижение потенциальной удельной потенциальной пропускной способности в 9 бит/(Гц·с), если характеристика частотно-селективного канала связи соответствует комплексно-частотной характеристикой резонансного фильтра, а в качестве сигнала используется ФМн-4-сигнал, получено выражение для оценки пропускной способности в замкнутой форме с помощью использования апагогического косвенного доказательства; **применительно к проблематике диссертации результативно использованы** математический аппарат теорий множеств, теории математического анализа, теории функций комплексного переменного, теории обобщенных функций, теории оптимизации для функций многих переменных, метод медленно меняющихся амплитуд С.И. Евтянова и методы математической статистики, математическое моделирование в среде Matlab, апологическое косвенное доказательство; **изложены** результаты существующих исследований в области приема и обработки сигналов в непрерывных частотно-селективных каналах связи при использовании дискретных источников, приведены аргументы и доказательства, которые ограничивают их применение с точки зрения повышения пропускной способности радиотехнических систем передачи информации; аргументы по ограничению применимости существующих методов оценок пропускной способности составных частотно-селективных радиоканалов связи, основные тенденции к оценке пропускной способности с учётом конкретной реализации способа приема и решающего правила при обработке канальных символов; аргументы в необходимости развития метода медленно меняющихся амплитуд С.И. Евтянова для создания теории разрешающего времени для фазовых радиотехнических систем с последовательной передачей информации; роль и место теории разрешающего времени для фазовых радиотехнических систем с

последовательной передачей информации; **раскрыты** проблемы оценки пропускной способности реальных составных частотно-селективных каналов связи и ограничения в проведении моделирования частотно-селективных каналов связи в широком диапазоне варьируемых параметров; **изучены** – 1) новые свойства и явления, характеризующие поведение информативных параметров выходного процесса на выходе узкополосной линейной системы, влияющие на скорость протекания переходного процесса, которые стали основой при создании теории разрешающего времени для фазовой радиотехнической системы с последовательной передачей информации; 2) влияние комплексно-частотных характеристик составного частотно-селективного канала связи, ошибок измерений, в том числе аддитивного белого гауссовского шума, малых значений доплеровского расширения спектра, нестабильности восстановления несущей, дисбаланса I/Q составляющих на пропускную способность и помехоустойчивость фазовой радиотехнической системы передачи информации с линейным приёмником, свойства поведения алгоритмов оценки пропускной способности по вычислительной сложности, в зависимости от объема канального алфавита и комплексно-частотных характеристик составного канала связи; **проведена модернизация** метода медленно меняющихся амплитуд С.И. Евтянова, существующих математических моделей частотно-селективных каналов связи посредством использования нового системного параметра «разрешающего времени» и ранее предложенной теории разрешающего времени для оптических информационно-измерительных систем с амплитудно- импульсной модуляцией применительно к фазовым радиотехническим системам с последовательной передачей информации, предложен новый тип модема, реализующий адаптивный режим работы.

**Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что: разработаны и внедрены** математические модели составных узкополосных составных частотно-селективных каналов связи на базе системного параметра – «разрешающего времени», методы оценки пропускной способности и помехоустойчивости, реализованные на базе вычисления «разрешающего времени», методы учёта набега фазы при малых значениях доплеровского расширения спектра при оценке разрешающего времени, специализированное программное обеспечение ResCap (свидетельства о регистрации программы для ЭВМ РФ №2019665776) в работах инициативных НИР, выполненных предприятием АО «НПО «Радиоэлектроника им. В.И. Шимко» в целях разработки новых методов и технических средств специального назначения, при формировании научно- технического задела (в

форме инициативных работ и апробации); для проведения НИР и ОКР на АО «Казанское приборостроительное конструкторское бюро», в частности при разработке телеметрических систем нового поколения в интересах авиационной промышленности и отраслей топливно-энергетического комплекса; при выполнении гранта РФФИ 18-37 00440 «Теоретические аспекты повышения пропускной способности фазовых радиотехнических систем передачи информации, работающих при сильных межсимвольных искажениях в линейных избирательных системах радиотракта» в виде математических моделей частотно-селективных каналов на базе разрешающего времени для фазовых радиотехнических систем с последовательной передачей информации, метода инженерного анализа эффективности радиотехнических систем с последовательной передачей информации, реализующего построение карт «окон прозрачности» и граничного времени, результатов анализа эффективности для наиболее типичных каналов и результаты анализа вероятностных характеристик приёма сигналов при наличии межсимвольной интерференции в форме оценок вероятности ошибки на символ; при выполнении договора с Академией наук Республики Татарстан № 06-114-ц-Г 2018 по теме «Адаптивный алгоритм обработки сигналов в сложных флуктуирующих негауссовских помехах»; результаты расчётов построения карт окон прозрачности и граничного времени для наиболее распространённых комплексно-частотных характеристик частотно-селективных каналов связи, в которых применяются многопозиционные фазоманипулированные сигналы; результаты анализа переходных процессов, вызванных скачкообразным изменением амплитуды и фазы гармонического колебания, с целью определения их физических и системных свойств, которые позволяют повысить пропускную способность фазовых радиотехнических систем с последовательной передачей информации в частотно-селективных каналах связи в рамках выполнения государственного задания № 8.5635.2017/БЧ «Исследование принципов взаимодействия специальных программно-определяемых комплексов, работающих в информационном поле»; математические модели частотно-селективных каналов связи на базе разрешающего времени, в которых применяется последовательная передача информации, методы оценки пропускной способности, нестатистический метод оценки эффективной памяти, программное обеспечение (8 свидетельств о регистрации программ для ЭВМ) для проведения инженерных расчётов для НИР и НИОКР; метод оценки помехоустойчивости для моделей составных каналов на базе «разрешающего времени» в учебном процессе Казанского национального исследовательского технического университета им. А.Н. Туполева-КАИ при

подготовке инженеров по специальности 25.05.03 «Техническая эксплуатация транспортного радиооборудования, способы и устройства аналого цифрового преобразования» (2 патента на изобретение); **определены** перспективы и ограничения практического использования теории разрешающего времени при проектировании радиотехнических систем с последовательной передачей информации; **создана** обобщенная структурная схема фазовой радиотехнической системы с последовательной передачей информации с адаптивным управлением режимами работы, реализующая принципы теории разрешающего времени; функциональная схема фазовой радиотехнической системы с последовательной передачей информации, реализующая адаптивный выбор конфигурации сигнального созвездия и длительности символа на базе методов и алгоритмов оценки пропускной способности и разрешающего времени для парциального 3 кГц частотно-селективного канала связи КВ-диапазона, система практических рекомендаций по реализации на современной отечественной элементной базе.; **представлены** методические и инженерные рекомендации для организации последующих работ, направленных на проведение НИОКР и ОКР по созданию фазовых радиотехнических систем передачи информации с адаптивным управлением режимами работы на базе моделей и методов, полученных в рамках созданной теории разрешающего времени; выработаны рекомендации по использованию отечественных вычислительных универсальных платформ на базе вычислительной системы «Эльбруса».

**Оценка достоверности результатов исследования выявила:** для экспериментальных работ совпадение с малой погрешностью, не превышающей 1%, результатов, полученных с помощью разработанных аналитических методов при наличии дестабилизирующих факторов, и с помощью имитационных моделей, представленных в среде моделирования Matlab/Simulink; **теория** построена на известных моделях распространения радиоволн декаметрового диапазона и использовании феноменологического подхода представления канала в форме эквивалентного полосового фильтра, экспериментальных результатов по распространению радиоволн для данного диапазона длин волн. Результаты работы корректно согласуются с данными, представленными в открытых источниках по теме диссертации; **идея базируется** на развитии теории разрешающего времени для информационно-измерительных систем, разработанной профессором Г.И. Ильиным и профессором Ю.Е. Польским применительно к фазовым радиотехническим системам с последовательной передачей информацией в частотно-селективных каналах связи с межсимвольной интерференцией и на анализе практических исследований, в частности, на

использовании свойства квазистационарности среднеширотных каналов связи на длительностях 300 мс, а также обобщении передового опыта в данной области.; **использованы** сравнение авторских данных и данных, полученных ранее по рассматриваемой тематике, в том числе для предельных случаев; **установлено** качественное и количественное совпадение авторских результатов с результатами, представленными в независимых источниках по данной тематике, в тех случаях, когда такое сравнение является обоснованным; **использованы** современные подходы к проведению моделирования рассматриваемых эквивалентных линейных избирательных фильтров, описывающих поведение составных частотно-селективных каналов с применением среды моделирования Matlab/Simulink.

**Личный вклад соискателя состоит** в том, что основные результаты диссертации получены автором самостоятельно.

В ходе защиты диссертации были высказаны критические замечания: 1) Соискатель не использует определения пропускной способности согласно теоремам кодирования Шенона. В этом случае затруднительно говорить о точных оценках пропускной способности. 2) Соискатель не пользуется в полной мере методы статистической радиотехники, при которых канал связи был изначально с аддитивным белым гауссовским шумом, что позволило бы получить строгие выражения, а не так, как это сделано у соискателя с использованием спектральной плотности мощности на выходе канала.

Соискатель Лернер И.М. в ходе заседания ответил на задаваемые ему вопросы, согласился с замечаниями и привел собственную аргументацию.

Диссертационный совет установил, что диссертация «Модели и методы повышения пропускной способности радиотехнических систем передачи информации в частотно-селективных каналах связи с межсимвольными искажениями» является законченной научно-квалификационной работой и соответствует требованиям п. 9 Положения о присуждении ученых степеней, предъявляемым к докторским диссертациям, а также пунктам 1, 8, 15 паспорта научной специальности 2.2.13. Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения и пунктам 1, 2, 3 паспорта научной специальности 2.2.15. Системы, сети и устройства телекоммуникаций.

На заседании 03 апреля 2024 года диссертационный совет принял решение присудить Лернеру Илье Михайловичу ученую степень доктора технических наук за решение научной проблемы, заключающейся в теоретическом обосновании и разработке новых моделей и методов обработки ФМн-п- и АФМн- N-сигналов на базе адаптивного управления режимами работы радиотехнических систем с последовательной передачей информации, функционирующих в частотно-

