

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.384.01,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
АВТОНОМНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ «САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ АЭРОКОСМИЧЕСКОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ»,
МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ, ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ
УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ ДОКТОРА НАУК

аттестационное дело № _____

Решение диссертационного совета от 01 марта 2022 г. № 3/22

о присуждении Рабину Алексею Владимировичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени доктора технических наук.

Диссертация «Ортогональное кодирование и многопозиционная модуляция в помехозащищенных системах передачи информации»

по специальности 2.2.15. Системы, сети и устройства телекоммуникаций **принята к защите** 23 ноября 2021 года, протокол № 4/21, диссертационным советом 24.2.384.01, созданным на базе Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения» (ГУАП), Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, 190000, Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, д. 67, лит. А, приказ №741/нк от 08.07.2015 г.

Соискатель Рабин Алексей Владимирович, 1981 года рождения, гражданин Российской Федерации. Диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук «Использование ортогонального кодирования для повышения помехоустойчивости систем передачи информации» защитил в 2009 году в диссертационном совете, созданном на базе Государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения», г. Санкт-Петербург. Работает в Федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Санкт-Петербургский

государственный университет аэрокосмического приборостроения» (ГУАП), г. Санкт-Петербург в должности доцента кафедры аэрокосмических компьютерных и программных систем.

Диссертация выполнена на кафедре аэрокосмических компьютерных и программных систем Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения» (ГУАП), Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный консультант – доктор технических наук, профессор Бестугин Александр Роальдович, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения», институт радиотехники, электроники и связи, директор института.

Официальные оппоненты:

1. Яковлев Виктор Алексеевич, доктор технических наук, профессор, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций имени профессора М.А. Бонч-Бруевича», кафедра защищенных систем связи, профессор.

2. Комашинский Владимир Ильич, доктор технических наук, доцент, Закрытое акционерное общество «Институт телекоммуникаций», советник генерального директора.

3. Кулешов Игорь Александрович, доктор технических наук, доцент, Публичное акционерное общество «Информационные телекоммуникационные технологии», заместитель генерального директора по научной работе.

дали **положительные** отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – Акционерное общество «Российский институт мощного радиостроения» (АО «РИМР»), г. Санкт-Петербург, в своем **положительном** заключении, подписанном главным научным сотрудником

НТЛ-00220 АО «РИМР», доктором технических наук, старшим научным сотрудником Егоровым Владимиром Викторовичем, заместителем технического директора АО «РИМР», кандидатом технических наук Мингалевым Андреем Николаевичем, начальником НТЛ-00220 АО «РИМР», кандидатом технических наук Тимофеевым Александром Евгеньевичем, ученым секретарем АО «РИМР», кандидатом технических наук, доцентом Шарко Геннадием Васильевичем, утвержденном генеральным директором АО «РИМР», кандидатом технических наук Пестовским Игорем Николаевичем, указала, что диссертация Рабина А.В. является завершенной научно-квалификационной работой, в которой решена важная научно-техническая проблема использования ортогонального кодирования для разработки помехозащищенных телекоммуникационных систем, обеспечивающих при высоком отношении сигнал/шум передачу с близкой к предельно возможной спектральной эффективностью. Полученные в диссертации основные положения и выводы теоретически обоснованы. Достоверность основных положений работы обусловлена физически адекватной постановкой задачи. Результаты диссертации целесообразно использовать в организациях, занимающихся разработкой устройств приема и передачи информации в помехозащищенных телекоммуникационных системах. Работа отвечает критериям Положения о порядке присуждения ученых степеней, предъявляемым к докторским диссертациям, а ее автор, Рабин Алексей Владимирович, заслуживает присуждения ему ученой степени доктора технических наук по специальности 2.2.15. Системы, сети и устройства телекоммуникаций.

Соискатель имеет 172 опубликованные работы, в том числе по теме диссертации опубликовано 73 работы, из них 50 – без соавторов, в том числе 2 монографии, 12 работ в журналах из перечня ВАК Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 10 работ в изданиях, индексируемых реферативной базой «Scopus», 12 докладов в сборниках докладов конференций, 14 отчетов о выполнении 5 НИОКР. По теме исследования

получено 23 свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ. Получены акты о внедрении результатов диссертационной работы от четырех организаций: акционерного общества «Концерн «Гранит-Электрон» (г. Санкт-Петербург), акционерного общества «Научно-производственное предприятие «Пирамида» (г. Санкт-Петербург), федерального государственного автономного научного учреждения «Научно-исследовательский институт «Специализированные вычислительные устройства защиты и автоматика» (г. Ростов-на-Дону), федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения». Общий объем научных изданий составляет 241,3 печатных листа, из которых 56,7 листов отражают личный вклад соискателя в работах, опубликованных вместе с соавторами.

Наиболее значительные научные работы по теме диссертации:

1. Рабин, А.В. Помехоустойчивость систем цифровой связи с ортогональным кодированием и многопозиционной модуляцией : монография / А.В. Рабин – Санкт-Петербург: ГУАП. – 2019. – 157 с. – ISBN 978-5-8088-1431-8. (объем 9,81 п.л.)
2. Рабин, А.В. Помехозащищенность в каналах со случайной фазой и замираниями при использовании ортогонального кодирования и частотной модуляции / А.В. Рабин. – DOI 10.18127/j20700814-202005-02 // Информационно-измерительные и управляющие системы. – 2020. – Т. 18. – № 5. – С. 13-19. (объем 0,44 п.л.)
3. Рабин, А.В. Метод повышения надежности помехозащищенности при приеме информации в системах радиосвязи СВЧ- и КВЧ-диапазонов / В.А. Липатников, П.И. Кузин, А.В. Рабин. DOI 10.18127/j00338486-202008(16)-01 // Радиотехника. – 2020. – Т. 84. – № 8(16). – С. 5-12. (объем 0,5 п.л. / авторский вклад 0,19 п.л.)

Личный вклад: соискателем предложен метод повышения помехозащищенности при приеме информации в системах радиосвязи СВЧ- и КВЧ-диапазонов.

4. Рабин, А.В. Ортогональное кодирование как способ повышения помехоустойчивости при передаче сигналов по многолучевым каналам с замираниями / А.В. Рабин // Датчики и системы. – 2019. – № 4(235). – С. 7-12. (объем 0,38 п.л.)

5. Рабин, А.В. Согласование символов ортогональных кодов с относительной фазовой модуляцией / А.В. Рабин // Датчики и системы. – 2018. – № 12(231). – С. 37-43. (объем 0,44 п.л.)

6. Рабин, А.В. Синхронизация сигналов в системах связи с ортогональным кодированием и относительной фазовой модуляцией / А.В. Рабин. DOI 10.18127/j15604128-201807-10 // Электромагнитные волны и электронные системы. – 2018. – № 7. – Т. 3. – С. 57-62. (объем 0,38 п.л.)

7. Рабин, А.В. Реализация кодирующих и декодирующих устройств в телекоммуникационных системах с ортогональным кодированием / А.В. Рабин. DOI 10.18127/j20700784-201812-24 // Успехи современной радиоэлектроники. – 2018. – № 12. – С. 116-120. (объем 0,31 п.л.)

8. Рабин, А.В. Исследование характеристик помехоустойчивости при использовании ортогонального кодирования / А.В. Рабин, М.А. Добросельский, В.А. Липатников // Вопросы радиоэлектроники. – 2018. – № 10/2018, – Серия «Общетеχνическая» (ОТ). – выпуск 6. – С. 80-85. (объем 0,38 п.л. / авторский вклад 0,25 п.л.)

Личный вклад: соискателем разработаны модели помехозащищенных каналов передачи информации телекоммуникационных систем, использующих предложенное ортогональное кодирование.

9. Рабин, А.В. Разработка класса системных и обратных системных матриц, обеспечивающих повышение помехоустойчивости спектрально-эффективных модуляционных схем на основе ортогонального кодирования / А.В. Рабин,

С.В. Мичурин, В.А. Липатников // Вопросы радиоэлектроники. – 2018. – № 10/2018. – Серия «Общетехническая» (ОТ). – выпуск 6. – С. 75-79. (объем 0,31 п.л. / авторский вклад 0,25 п.л.)

Личный вклад: соискателем разработан класс декодирующих и кодирующих матриц, обеспечивающих построение ортогональных кодов и повышение помехозащищенности каналов передачи информации телекоммуникационных систем.

10. Rabin, A.V. Combining of orthogonal coding and quadrature amplitude modulation / A.V. Rabin. – DOI 10.1088/1742-6596/1679/5/052022 // Journal of Physics: Conference Series. – 2020. – Volume 1679. – Номер статьи 052022. (объем 0,63 п.л.)

11. Rabin, A.V. Application of orthogonal coding in conjunction with discrete amplitude modulation / A.V. Rabin. – DOI: 10.1088/1742-6596/1679/2/022078 // Journal of Physics: Conference Series. – 2020. – Volume 1679. – Номер статьи 022078. (объем 0,5 п.л.)

12. Rabin, A.V. Design of encoding and decoding devices in infocommunication systems with orthogonal coding / A.V. Rabin. – DOI: 10.1088/1742-6596/1515/5/052077 // Journal of Physics: Conference Series. – 2020. – Volume 1515. – Номер статьи 052077. (объем 0,44 п.л.)

13. Rabin, A.V. Orthogonal coding for noise immunity's increase with the fixed code rate / A.V. Rabin. – DOI 10.1088/1742-6596/1333/2/022013 // Journal of Physics: Conference Series. – 2019. – Volume 1333. – Issue 2. – Номер статьи 022013. (объем 0,75 п.л.)

14. Rabin, A.V. Encoding and Decoding Schemes in Communication Systems using Orthogonal Coding for Noise Immunity's Increase / A.V. Rabin. – DOI 10.1109/WECNF.2019.8840610 // 2019 Wave Electronics and its Application in Information and Telecommunication Systems, WECNF. – 2019. – Saint-Petersburg: IEEE Xplore. – Номер статьи 8840610. (объем 0,25 п.л.)

В диссертации Рабина А.В. отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных работах соискателя, в которых изложены основные научные результаты диссертации.

На диссертацию и автореферат поступили **отзывы из 12 организаций (все отзывы положительные)**:

1. АО «Институт авиационного приборостроения «Навигатор» (подписал главный специалист, доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ Ю.Г. Шатраков). Замечания: **1)** к недостаткам автореферата можно отнести то, что в нем недостаточно четко отражен общий способ построения ортогональных кодирующих и декодирующих устройств.

2. АО «Ордена Трудового Красного Знамени Всероссийский научно-исследовательский институт радиоаппаратуры» (подписал главный научный сотрудник научного отдела, доктор технических наук В.Т. Яковлев). Замечания: **1)** в автореферате не приведена методика моделирования определения вероятности ошибок предложенного способа кодирования; **2)** в автореферате не проведены результаты оценки эффективности ортогонального кодирования в показателях удельной энергетической и удельной спектральной эффективности.

3. АО «Научно-исследовательский институт телевидения» (подписал главный научный сотрудник базового центра системного проектирования, доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ А.В. Кузичкин). Замечания: **1)** из автореферата неясно, какая модель помех рассматривалась при оценке помехозащищенности радиоканалов, использующих предложенное автором ортогональное кодирование; **2)** в автореферате отсутствуют оценки особенностей синхронизации радиолиний с предложенным ортогональным кодированием.

4. АО «Научно-производственный центр «Аквамарин» (подписал заместитель генерального директора по качеству, кандидат технических наук В.Л. Кленин). Замечания: **1)** Автором приведено значение энергетического выигрыша от применения двух ортогональных кодов по сравнению с LDPC-

кодом со скоростью кодирования $r = 7/8$. Вместе с тем, автор не анализирует эффективность применения предложенного им подхода в сравнении со стандартом DVB-S2 и другими современными стандартами, использующими коды низкой плотности. 2) Автором не проведено исследование применимости ортогональных кодов в MIMO-системах с пространственным кодированием сигналов и расширением полосы пропускания.

5. ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский университет гражданской авиации» (подписал декан факультета аэропортов и инженерно-технического обеспечения, доктор технических наук, старший научный сотрудник С.А. Кудряков). Замечания: 1) основным недостатком автореферата диссертации является то, что в нем недостаточно внимания уделено анализу пороговых свойств ортогональных кодов.

6. ФГБОУ ВО «Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова» (подписал декан факультета «Информационные и управляющие системы», доктор технических наук, профессор С.Ю. Страхов). Замечания: 1) На с. 20 автор пишет: «...коды на основе многочленов, состоящих из более двух членов, теоретически способны обеспечить большой энергетический выигрыш, не позволяют однозначно восстановить истинный кодовый вектор». Данное утверждение требует пояснения на конкретном примере передачи сообщения.

7. ПАО «Туполев» (подписал начальник отдела ПМО-2 обособленного подразделения СП-41.18, доктор технических наук С.Г. Петухов). Замечания: 1) мало внимания уделено анализу пороговых свойств ортогональных кодов; 2) важная задача синхронизации сигналов в сочетании с ортогональным кодированием рассмотрена только на примере одного ортогонального кода.

8. ФГБОУ ВО «Московский технический университет связи и информатики» (подписал президент – председатель попечительского совета, заведующий кафедрой «Общей теории связи», доктор технических наук, профессор А.С. Аджемов). Замечания: 1) в автореферате не приведено сравнение

полученного эффекта от используемого помехоустойчивого кодирования в сравнимости с верхней границей, например, границей Хэмминга;

- 2) не приведены данные, касающиеся задержки от предлагаемых методов;
- 3) недостаточно четко очерчено место предлагаемого способа модуляции и кодирования среди других известных методов построения сигнально-кодовых конструкций.

9. ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского» (подписал заведующий кафедрой статистической радиофизики и мобильных систем связи радиофизического факультета, профессор, доктор физико-математических наук А.А. Мальцев). Замечания: 1) к недостаткам автореферата можно отнести то, что в нем объяснение выигрыша от применения ортогонального кодирования более эффективным использованием энергии передаваемых сигналов выглядит слишком кратким; 2) в главе 4 проводится сравнение помехоустойчивости предложенного класса ортогональных кодов с другими схемами помехоустойчивого кодирования, однако отсутствует более детальная информация о структуре используемых кодов и их параметрах. Например, для LDPC-кода не приводится информация о длине используемой кодовой последовательности, конкретном виде LDPC-кода, алгоритме декодирования и др. 3) не совсем четко объяснено, проводилась ли задача оптимизации внешнего помехоустойчивого кодирования при совместном использовании с ортогональным внутренним кодом.

10. ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики» (подписал профессор кафедры прикладной математики и кибернетики, доктор технических наук А.Н. Фионов). Замечания: 1) Общий ВИД формул (6)-(10) на с. 14-15 достаточно известен из теории систем передачи информации. По всей видимости, они представляют собой адаптацию для случаев применения ортогонального кодирования, разработанного автором; 2) в автореферате не пояснено, какие максимальные значения получаются на

выходе кодирующих устройств, что является определяющим при применении АМ И КАМ.

11. АО «Уральское проектно-конструкторское бюро «Деталь» (УПКБ «Деталь»))» (подписал начальник о.130, ученый секретарь НТС, доктор технических наук М.Ю. Нестеров). Замечания: 1) В автореферате представлены только оценки энергетического выигрыша от использования ортогонального кодирования в каналах с неселективными по частоте замираниями и не приведены оценки выигрыша в каналах с частотно-селективными замираниями.

12. ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)» (подписал заведующий кафедрой автоматики и процессов управления, доктор технических наук, доцент М.Ю. Шестопапов). Замечания: 1) объяснение выигрыша от применения ортогонального кодирования более эффективным использованием энергии передаваемых сигналов выглядит слишком кратким; 2) в автореферате отсутствуют сравнительные оценки параметров синхронизации каналов, применяющих ортогональное кодирование, кроме одного примера ортогонального кода.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их известностью своими достижениями в области современных телекоммуникационных систем и наличием соответствующих публикаций, в том числе в ведущих журналах, определенных ВАК при Министерстве науки и высшего образования России. Выбор АО «Российский институт мощного радиостроения» в качестве ведущей организации обусловлен огромным опытом данной организации в области помехозащищенных телекоммуникационных систем, а также большим числом публикаций в данной предметной области.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработаны метод синтеза декодирующих и кодирующих матриц на основе многочленов степени больше единицы для формирования кодовых

последовательностей, обеспечивающих реализацию ортогонального кодирования, и класс ортогональных кодов, обеспечивающих повышение помехозащищенности каналов передачи информации телекоммуникационных систем;

предложены модели каналов передачи информации телекоммуникационных систем, использующих ортогональное кодирование, являющиеся обоснованием того, что ортогональные коды принципиально необходимо рассматривать совместно с системами модуляции, которые в совокупности образуют классы «расширенных» каналов;

доказано преимущество предложенных моделей «расширенных» помехозащищенных каналов передачи информации телекоммуникационных систем по отношению к существующим;

введены научно-технические предложения по реализации технологии повышения помехозащищенности телекоммуникационных систем при высоком отношении сигнал/шум для достижения требуемой спектральной эффективности.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказана теорема об эквивалентности полиномиальных кодирующей и декодирующей матриц и канонических матриц диагонального вида, а также следствие из нее, позволяющие синтезировать декодирующие и кодирующие матрицы, обеспечивающие реализацию ортогонального кодирования;

применительно к проблематике диссертации результативно и эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов

использованы методы теории вероятностей, теории информации, теории систем передачи информации, теории помехоустойчивого кодирования и теории моделирования систем передачи; для проверки основных положений теоретических исследований применено имитационное моделирование, результаты которого соответствуют теоретическим предложениям;

изложены особенности разработки моделей каналов передачи информации телекоммуникационных систем, использующих предложенное ортогональное кодирование: только при совместном выборе параметров пары «ортогональный код – многопозиционная модуляция» может быть повышена эффективность таких каналов;

раскрыты ограничения в использовании декодирующих и кодирующих матриц ортогональных кодов: однозначность операции декодирования, сложность реализации устройств кодирования и декодирования, величина задержки на приемной стороне телекоммуникационной системы;

изучены соотношения между помехоустойчивостью, спектральной эффективностью и сложностью реализации для широкого класса сценариев функционирования рассматриваемых телекоммуникационных систем;

проведена модернизация методов повышения помехозащищенности при передаче с высокой спектральной эффективностью, включающих использование высокоскоростных модуляционных кодов, что вносит существенный вклад в теорию помехоустойчивого кодирования в целях повышения помехозащищенности и спектральной эффективности телекоммуникационных систем при высоком отношении сигнал/шум.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

разработаны и внедрены обоснованные рекомендации для научно-исследовательских, проектных организаций и телекоммуникационных предприятий, в частности, результаты исследования использованы для улучшения качества передачи и обработки информации в системах передачи данных, разрабатываемых АО «Концерн «Гранит-Электрон» (г. Санкт-Петербург), внедрены в АО «НПП «Пирамида» (г. Санкт-Петербург) и использованы в устройствах передачи данных УОТ ПД СЖИК.465419.002 для обеспечения помехозащищенности каналов связи;

определены перспективы практического применения разработанных

ортогональных кодов и устройств кодирования и декодирования в организациях, занимающихся разработкой устройств приема и передачи информации в помехозащищенных телекоммуникационных системах: АО «РИМР» (г. Санкт-Петербург), АО «Концерн «Гранит-Электрон» (г. Санкт-Петербург), АО «НПП «Пирамида» (г. Санкт-Петербург), ФГАНУ «НИИ «Спецвузавтоматика» (г. Ростов-на-Дону), ФГУП ЦНИИС (г. Москва), ЛОНИИР (г. Санкт-Петербург), ПАО «Туполев» (г. Москва).

созданы практические рекомендации по надлежащему выбору параметров ортогональных кодов и синхронизации систем с ортогональным кодированием в зависимости от задач, которые рассматривались при выполнении ряда крупных научно-исследовательских проектов, в том числе при исследованиях по грантам в рамках ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014-2020 годы» (соглашения № 14.575.21.0021, № 14.578.21.0022, № 14.578.21.0214), государственного задания Министерства науки и высшего образования в сфере научной деятельности в 2014-2016 гг. (соглашение № 2.2716.2014/К от 17.07.2014) и гранта РФФИ № 18-07-01298 в 2018-2020 гг.

представлены предложения и рекомендации по дальнейшему развитию учебно-методических комплексов для лекционных курсов по дисциплинам «Методы передачи дискретных сообщений», «Кодирование и декодирование сообщений», «Цифровая обработка сигналов», «Безопасность и защита информации в информационных системах», «Системы цифровой обработки сигналов», «Языки спецификации и моделирования систем», постановок задач для выпускных квалификационных работ бакалавров по направлению подготовки 09.03.01 «Информатика и вычислительная техника» и магистров по направлению подготовки 09.04.01 «Информатика и вычислительная техника» на кафедре аэрокосмических компьютерных и программных систем ГУАП.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ результаты получены с использованием

разработанных и реализованных соискателем в виде зарегистрированных в Роспатенте программ для ЭВМ, которые являются современным инструментом для анализа и разработки помехозащищенных телекоммуникационных систем, а также согласуются с имеющимися практическими результатами в данной предметной области;

теория согласуется с известными моделями теории систем передачи информации, теории помехоустойчивого кодирования и теории моделирования систем передачи и методами передачи данных;

идея базируется на обобщении передового опыта ведущих отечественных и зарубежных ученых;

использованы результаты сравнения полученных в работе экспериментальных результатов с ранее известными практическими результатами;

установлено качественное совпадение результатов работы с результатами независимых источников по тематике исследования;

использованы современные методики сбора и обработки информации.

Личный вклад соискателя состоит в постановке задач исследований, разработке теоретических моделей и формулировке предложенных метода и моделей, планировании имитационных исследований и экспериментов, обработке данных и интерпретации полученных результатов, обобщении результатов в виде обоснованных выводов и рекомендаций, изложении содержания исследований в форме научных публикаций и апробации результатов.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания: не рассмотрено влияние предложенных ортогональных кодов на пропускную способность рассмотренных каналов, не проведено исследование применимости ортогональных кодов в перспективных системах MIMO, реализующих пространственное кодирование сигналов и позволяющих увеличить полосу пропускания каналов, не приведена универсальная зависимость спектральной эффективности каналов передачи информации

телекоммуникационных систем от характеристик разработанных кодов, отсутствует оценка эффективности ортогонального кодирования в показателях удельной энергетической и удельной спектральной эффективности.

Соискатель Рабин А.В. ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы и привел собственную аргументацию по обсуждаемым научным положениям.

На заседании 01 марта 2022 года диссертационный совет принял решение: за решение научно-технической проблемы одновременного обеспечения в каналах передачи информации телекоммуникационных систем высокой спектральной эффективности и высокой помехозащищенности за счет использования ортогонального кодирования при больших отношениях сигнал/шум присудить **Рабину Алексею Владимировичу** ученую степень доктора технических наук по специальности 2.2.15. Системы, сети и устройства телекоммуникаций.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 16 человек, из них 9 докторов наук по специальности 2.2.15, участвовавших в заседании, из 22 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за присуждение ученой степени – 16, против присуждения ученой степени – 0, недействительных бюллетеней – 0.

Председатель диссертационного совета 24.2.384.01
доктор технических наук, профессор



Крук Евгений Аврамович

Ученый секретарь диссертационного совета 24.2.384.01
кандидат технических наук, доцент

Овчинников Андрей Анатольевич

«01» марта 2022 года