

УТВЕРЖДАЮ

И.о. первого проректора. Проректора по науке.

Воронежского государственного технического

университета,

доктор технических наук, профессор

И.Г. Дроздов



« 7 » июня 2022 г.

### ОТЗЫВ

ведущей организации ФГБОУ ВО «Воронежский государственный  
технический университет» на диссертационную работу

Саида Басема Абдулсалама Салеха на тему «Совершенствование  
функциональных характеристик кодеков систем управления реального времени  
на базе когнитивного процессора», представленную на соискание ученой  
степени кандидата технических наук по специальности 05.13.05 – «Элементы и  
устройства вычислительной техники и систем управления»

#### **Актуальность темы работы.**

В современных условиях классическая схема практически любой системы управления, состоящая из управляющего объекта (УО) и объекта управления (ОУ), которые связаны между собой некоторой системой передачи управляющих сигналов, имеет устойчивую тенденцию к преобразованию в характерную для конкретной предметной области интеллектуальную управляющую систему. Примерами таких систем в настоящее время являются интеллектуальные энергетические системы управления, интеллектуальные транспортные системы, системы управления информационной безопасностью и т.п. Специфика подобных образований заключается в том, что в них осуществляется синтез телекоммуникационных технологий с системами измерения требуемых параметров и последующей их передачей и обработкой в УО, выработка на этой основе управляющих воздействий и вновь передачи их от УО к объекту (объектам) управления. При этом в перспективе особое значение приобретают системы искусственного интеллекта, которые являются комплексом технологических решений в самых различных предметных областях, способных имитировать когнитивные функции человека и получать результаты сопоставимые с его интеллектуальной деятельностью. Подобное

понятие подразумевает машинное самообучение и самостоятельный поиск некоторой цифровой системой решений без заранее заданных алгоритмов. Все это требует от телекоммуникационных системах высокой достоверности данных, которая в существующих и перспективных системах управления определяется как информационная надежность (ИН). ИН определяется как способность алгоритма функционирования системы управления выполнять свои функции при различных ошибках в исходных данных. По сути искажения цифровых команд управления при передаче их по каналам связи в той или иной среде распространения сигнала. Повышение ИН возможно за счет дополнительных технических решений в основе которых, как правило, лежат средства помехоустойчивого кодирования.

Применение помехоустойчивых кодов в общей теории передачи цифровых данных неизменно связывается с повышением энергетической эффективности системы связи. В системах хранения и восстановления данных избыточность играет роль параметра, позволяющего оптимизировать процедуру хранения данных в смысле минимизации объемов памяти, а при восстановлении утраченных данных этот параметр позволяет оптимизировать топологию сети. Оба варианта выгодно отличаются от простого повтора данных, особенно если учесть, что при восстановлении данных влияние деструктивных факторов в такой системе не исключается и приводит к новым и новым повторам, восстанавливаемых данных. Таким образом, разработка алгоритмов эффективной защиты данных на базе кодовых методов, их исследование и реализация в системах управления является актуальной.

В соответствии с этим соискателем корректно сформулирована цель работы, которая направлена на сокращение времени реакции цифровой системы управления за счет обеспечения высокой функциональной надежности и передачи цифровых команд управления реального времени на базе кодовых с перестановочным декодированием и системой когнитивных преобразований.

### **Научная новизна результатов исследования.**

Сравнительный анализ результатов диссертации с известными данными других авторов позволил выделить следующие направления, характеризующиеся научной новизной:

1. Определены оптимальные, в смысле оценки верхних граничных значений ЦМРС, отличающиеся учетом свойств используемых каналов связи различной физической природы.

Реализация этого пункта позволила автору работы в двое снизить число шагов итеративных преобразований в процедуре коррекции мягких решений символов принятого кодового вектора.

2. Впервые предложен метод мягкого декодирования комбинаций избыточных кодов, отличающийся снижением вычислительных затрат при использовании принципа «распространения доверия» с локализацией ограниченного числа перестановок в системе перестановочного декодирования.

Автором показано, что не обязательно обрабатывать все возможные перестановки символов, которые формируются на входе процессора приемника случайным образом. Используя метод итеративных преобразований декодер в состоянии находить решение в процедуре поиска эквивалентных кодов относительно нескольких локализованных перестановок. Этот прием способствует исключению из алгоритма обработки кодового вектора процедуры сортировки символов и формирования перестановочной матрицы.

3. Разработан регулярный метод поиска комбинаций непроизводительных подстановок, исключаящий переборный метод поиска таких подстановок за счет учета весового спектра кода и процедуры разбиения пространства кодовых комбинаций на кластеры.

Использование метода позволяет заранее создать когнитивную карту декодера, в которую требуется включить все непроизводительные перестановки, не позволяющие получить эквивалентный код. В последующем это обеспечивает ускорение процедуры декодирования за счет опережающей оценки отрицательного исхода в обработке текущей перестановки.

4. Предложен алгоритм быстрого поиска образующей комбинации циклической орбиты перестановок, отличающийся сочетанием двунаправленных циклов поиска образующей комбинации.

В общем случае алгоритм позволяет в двое сократить время поиска образующей комбинации орбиты в системе ее циклических сдвигов при получении произвольной перестановки и связать эту образующую комбинацию с требуемой проверочной матрицей эквивалентного кода с последующим ее извлечением из памяти когнитивной карты декодера.

5. Разработано устройство перестановочного декодера, отличающегося упреждающим выявлением непроизводительных перестановок.

Достоверность и обоснованность научных результатов работы подтверждается использованием общепринятых методов и методик, а также известных моделей для исследования показателей ЭВК, определяется корректностью используемого математического аппарата, основанного на методах теории вероятностей и математической статистики, теории надежности, теории оценивания, алгебраической теории групп, колец и полей. Аналитическое и имитационное моделирование проводилось с использованием языков программирования высокого уровня и известных методов проверки статистической достоверности получаемых в процессе исследований

результатов, сопоставлением полученных результатов эмпирических исследований с известными данными отечественных и зарубежных авторов.

Основные результаты диссертационной работы докладывались на Международной научно-технической конференции, посвященной 160-летию со дня рождения А.С. Попова. – Москва, в 2019 году; на Международной научно-технической конференции «Радиолокация, навигация, связь». – Воронеж, в 2019 году; на 2-ой всероссийской конференции «Современные технологии обработки сигналов». – Москва, в 2019 году; на 54-й научно-технической конференции: «Вузовская наука в современных условиях» – Ульяновск, в 2020 году; на международной научно-технической конференции «Радиолокация, навигация, связь». – Воронеж, в 2020 году; на 22-ой Международной конференции «Цифровая обработка сигналов и её применение – DSPA-2020». – Москва, в 2020 году; «Современные проблемы создания и эксплуатации радиотехнических систем». Труды всероссийской научно-практической конференции (с участием стран СНГ), г. Ульяновск, 2014, 2018, 2019 годы.

По материалам диссертации опубликовано 15 работ, из них 3 статьи в изданиях, включенных в перечень ВАК, одна статья в издании Scopus, а также один патент РФ на изобретение.

**Значимость для науки и производства полученных автором диссертации результатов.**

Представленные в диссертационной работе методы могут быть применены для защиты данных команд управления при использовании различных сред распространения сигнала, включая оптические линии связи, например, в системе современных бортовых комплексов управления. Применение метода «распространения доверия» в отличие от классического алгебраического (синдромного) декодирования позволяет более гибко использовать введенную в код избыточность на приемной стороне за счет анализа каждого проверочного соотношения, определяемого проверочной матрицей кода, и возможности их корректировки в ходе обработки итеративным методом.

Результаты исследования внедрены в учебный материал для обучения бакалавров по направлению 11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи» на кафедре «Телекоммуникации» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Ульяновский государственный технический университет» в следующем виде:

- заявленные в диссертации и обоснованные новые теоретические положения теории кодирования, и расчетные методики в курсе учебных дисциплин «Общая теория связи 2», «Теория кодирования и защиты

информации» при выполнении индивидуальных заданий по курсовому проектированию и расчётно-графических работ;

- в осуществлении расчетов полного множества комбинаций недвоичного кода Рида-Соломона (7, 3, 5), позволивших вскрыть суть кластерного разбиения пространства кодовых векторов, включенного в приложение к коллективной монографии «Методы эффективного декодирования избыточных кодов и их современные приложения» авторов А.А. Гладких, Р.В. Климов, Н.Ю. Чилихин. – Ульяновск : УлГТУ, 2016. – 258 с. (ссылка на с. 14).

Полученные основные результаты диссертации подтверждаются публикациями в научных изданиях. Диссертация написана ясным и лаконичным языком, является законченным трудом с выдержанной структурой и изложением материала. Оформление диссертации соответствует предъявляемым требованиям. Основные научные результаты достаточно полно отражены в публикациях, в том числе и по перечню ВАК РФ. Автореферат правильно отражает содержание диссертации.

#### **Рекомендации по использованию полученных в работе результатов.**

Результаты диссертационной работы рекомендуются к использованию при проектировании современных высокопроизводительных систем управления, при решении задач проектирования и модернизации радиотехнических систем управления и комплексов в ФНПЦ АО «НПО «Марс», ФНПЦ АО «НПП «Полет», АО «Концерн «Созвездие», АО «Воронежское центральное конструкторское бюро «Полюс», АО научно-внедренческое предприятие «ПРОТЕК», ОА «ИРКОС», ОАО «Электросигнал» и др. Научным коллективам указанных предприятий рекомендуется продолжить исследования в данной области.

Материалы диссертации рекомендуется также использовать в учебном процессе вузов страны при преподавании таких дисциплин, как «Основы конструирования электронных средств», «Современные РЭС специального назначения: особенности проектирования и эксплуатации», «Математическое моделирование при проектировании электронных средств», «Теория кодирования и защиты информации», «Основы корректирующего кодирования» и др.

**Оценка содержания диссертации, ее завершенность в целом, критические замечания по диссертационной работе.**

Диссертационная работа выполнена на высоком научном уровне, в ней получены значимые теоретические и практические результаты, вносящие заметный вклад в развитие принципиально новых методов анализа и синтеза элементов и устройств систем управления с целью улучшения их технических характеристик. Работа выполнена соискателем самостоятельно.

Вместе с тем по диссертационной работе имеются ряд замечаний:

- говоря о преимуществах перестановочного декодирования с использованием когнитивной карты, автор не оценивает возможные временные задержки в ходе сортировки нумераторов символов принятых кодовых векторов и обращения к памяти когнитивной карты декодера в ходе идентификации полученной перестановки;

- видимо, перспективный алгоритм перестановочного декодирования с использованием локализации одной или нескольких перестановок при условии применения итеративных преобразований представлен в работе в общем виде и требует проведения дальнейших исследований по выявлению его возможностей;

- повышение информационной надежности за счет дополнительного введения когнитивной карты декодера и представления пространства перестановок в виде образующих комбинаций циклических орбит объективно приводят к снижению конструктивной надежности приемника команд управления из-за усложнения аппаратуры, вследствие этого напрашивается оценка этого важного параметра, что в работе не сделано;

- соискатель главное внимание уделяет изучению двоичных кодов, поэтому некоторый анализ недвоичных кодов на предмет их конструктивного совмещения с технологией когнитивных карт (раздел диссертации 1.6) является избыточным;

- на с. 33 в выражениях (1.9) и (1.10) автор ошибочно указывает нижние пределы суммирования, выходя за пределы метрики Хэмминга, хотя на с.30 этот предел указан верно, при этом проверкой установлено, что графики на рисунке 1.4 соответствуют правильной графической трактовке вероятности ошибки на комбинацию для названных аналитических выражений;

- в работе и автореферате выявлено допустимое число стилистических и орфографических ошибок.

### **Выводы.**

Диссертационная работа Саида Басема Абдулсалама Салеха является завершенной научно-квалификационной работой, результаты которой являются новым решением задачи повышения информационной надежности команд управления. Приведенные выше замечания носят рекомендательный характер и не снижают общей положительной оценки работы. Тема и содержание диссертации соответствуют паспорту научной специальности 05.13.05 – «Элементы и устройства вычислительной техники и систем управления» пункты:

п.п. 1 – разработка научных основ создания и исследования общих свойств и принципов функционирования элементов, схем и устройств вычислительной техники и систем управления;

п.п. 3 – разработка принципиально новых методов анализа и синтеза элементов и устройств вычислительной техники и систем управления с целью улучшения их технических характеристик.

По объему выполненных исследований, научной и практической новизне, оформлению и практической ценности работа удовлетворяет требованиям ВАК при Министерстве науки и высшего образования РФ, предъявляемым к диссертационным работам, представленным на соискание ученой степени кандидата технических наук, а ее автор – Саид Басем Абдулсалам Салех достоин присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.05 – «Элементы и устройства вычислительной техники и систем управления».

Отзыв рассмотрен, обсужден и одобрен на заседании научного семинара кафедры конструирования и производства радиоаппаратуры, протокол №5 от 07.06.2022 г.

Отзыв составили:

Профессор кафедры конструирования и производства радиоаппаратуры,  
доктор технических наук, профессор

Макаров Олег Юрьевич

Заведующий кафедрой конструирования и производства радиоаппаратуры,  
доктор технических наук, доцент

Башкиров Алексей Викторович

«07» июня 2022 г.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный технический университет»  
ФГБОУ ВО «ВГТУ»

Адрес: 394006, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84.

Тел.: +7 (473) 207-22-20.

E-mail: [rector@cchgeu.ru](mailto:rector@cchgeu.ru).

Веб-сайт: <https://cchgeu.ru/>.