



«УТВЕРЖДАЮ»

Генеральный директор  
АО «НИИП «Звукотехника»

С.П. Васильев

«10» 07 2018 г.

## ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертационную работу  
Бейлекчи Дмитрия Владимировича  
«Алгоритмы многокритериального формирования программно-аппаратных структур  
оперативно-командных систем телекоммуникаций»,  
представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по  
специальности 05.12.13 – «Системы, сети и устройства телекоммуникаций».

*На отзыв представлена диссертационная работа и автореферат. Диссертационная работа состоит из введения, четырех разделов, заключения, списка литературы из 127 источников, одного приложения и изложена на 125 страницах машинописного текста, содержит 31 рисунок и 3 таблицы.*

### **Актуальность темы диссертации.**

Развитие оперативно-командных систем громкоговорящей связи характеризуется постоянным совершенствованием технологий и возрастающими требованиями к повышению эффективности и надежности обмена информацией. Современные системы телекоммуникаций имеют сетевую распределенную структуру в виде многоканальной системы передачи информации с применением цифровых проводных и беспроводных технологий. Системы должны обеспечивать увеличенную пропускную способность канала связи вследствие требования на значительное число абонентских постов обмена. Также при разработке современных систем оперативно-командной связи и оповещения требуется обеспечить передачу по единому каналу связи не только речевой информации, но и информацию других видов, например, командную текстовую информацию, сигналы оповещения, трансляцию художественных передач, биометрический мониторинг, видеоинформацию.

Поэтому актуальными задачами при создании специализированных систем телекоммуникаций являются задачи оптимизации их структуры, протоколов связи, программных алгоритмов, а также структуры аппаратной части систем по различным критериям.

Выбор структурных программных и аппаратных элементов при проектировании или модернизации программного и аппаратного обеспечения можно формулировать как решение задачи при многокомпонентном критерии. Формирование структуры устройств телекоммуникационных систем также относится к решению задачи принятия решений в нечеткой среде, так как

изначально имеется неполное представление о конечном наборе выбранных программных и аппаратных элементов. Решение такой задачи основано на методах многокритериального анализа. В настоящее время всё большее внимание уделяется разработке гибридных подходов к многокритериальному анализу сложных систем, основанных на результатах исследований по реализации совместному применению различных методов искусственного интеллекта – искусственные нейронные сети, нечеткая логика, генетические алгоритмы, так как такие методы позволяют адаптировать алгоритмы многокритериального анализа для применения в конкретной предметной области, используя эталонные данные и накопленные результаты вычислений.

Вышеуказанное обосновывает актуальность проведенных исследований, актуальность разработки новых алгоритмов обработки информации, новых алгоритмов автоматизации процесса проектирования оперативно-командных систем телекоммуникаций, обеспечивающих повышение эффективности обмена информацией и повышение эффективности процесса проектирования таких систем с более качественным функционированием.

#### **Новизна проведенных исследований и полученных результатов.**

Новизна научных результатов, полученных Бейлекчи Д.В., состоит в следующем:

1. Разработано и исследовано математическое описание алгоритма многокритериального формирования программно-аппаратной структуры системы телекоммуникаций.
2. Разработан алгоритм определения критериев оценки структуры программно-аппаратной структуры системы телекоммуникаций.
3. Разработан алгоритм принятия решений по оценке конфигурации оперативно-командной системы громкоговорящей связи.
4. Разработана методика создания программного обеспечения системы принятия решений по формированию программно-аппаратной структуры эффективного обмена информацией.

#### **Практическая значимость полученных результатов.**

Практическая значимость результатов работы заключается в том, что применение разработанных алгоритмов позволяет повысить эффективность процесса проектирования и качество функционирования устройств систем телекоммуникаций с обеспечением синхронизации разделенных каналов передачи информации.

Разработанные алгоритмы определения критериев принимаемых решений и оценки принятия решений позволяют определить аппаратные и программные параметры, необходимые для формирования структуры программно-аппаратных систем и обеспечивают выбор элементной базы на этапе технического предложения.

На основе предложенных алгоритмов разработано программное обеспечение, которое позволяет решать задачи поддержки принятия решений по конфигурированию программно-аппаратных структур оперативно-командных систем громкоговорящей связи с высокой размерностью с обеспечением оценки близкой к экспертной с погрешностью не более 15%.

### **Структура и содержание диссертационной работы.**

Во введении обоснована актуальность темы, сформулированы цель и задачи диссертационной работы, определены ее научная новизна и практическая значимость, представлены положения, выносимые на защиту, приведены сведения об апробации работы и публикациях.

В первой главе рассмотрено современное состояние вопроса проектирования программно-аппаратной структуры систем телекоммуникаций, таких как диспетчерско-технологические, оперативно-командные системы связи, а также громкоговорящие системы оповещения.

Представлен анализ существующих методов моделирования таких систем, анализ критериев эффективности принимаемых решений по формированию структуры программно-аппаратных систем, рассматриваются математические методы анализа и обработки данных при формировании структур программно-аппаратных систем телекоммуникаций.

На основе анализа процесса проектирования устройств и структуры современных устройств систем телекоммуникаций определены факторы, влияющие на общую оценку вариантов структуры, и общий перечень критериев эффективности системы телекоммуникаций, а также определяется задача построения системы принятия решений по оптимизации структуры оперативно-командных систем как многокритериальная задача с нечеткой информацией. В итоге формулируются задачи исследований диссертационной работы.

Во второй главе содержатся основные теоретические результаты по обобщению известных методов решения задачи оптимального выбора и представлены результаты разработки функциональной модели программно-аппаратной структуры устройств и систем телекоммуникаций.

Анализируется множество критериев, определяющее варианты программно-аппаратной структуры оперативно-командных систем телекоммуникаций, рассматриваются методы оценивания сочетаний программных и аппаратных средств по качественным и количественным критериям на основе построения функциональной модели программно-аппаратной структуры устройств и систем телекоммуникаций. Определяются и исследуются методы принятия решения по оптимальному выбору структуры программно-аппаратных систем на базе теории нечетких множеств и генетических алгоритмов.

Третья глава посвящена разработке алгоритмов определения критериев оптимальности принимаемых решений и оценки вариантов программно-аппаратных структур. Описываются применяемые методы и разработанные алгоритмы для

системы оценки вариантов программно-аппаратных структур, сбора информации о параметрах аппаратных и программных элементах, поиска параметров и ввода критериев.

Рассматривается подход к проектированию алгоритмов оптимизации программно-аппаратных структур, который заключается в формулировании правил управления и функции принадлежности по результатам наблюдения за процессом управления, осуществляемым существующим регулятором, с последующим оцениванием корректности функционирования такой системы. Предлагается реализация алгоритма оценки, на основе нечеткого управления представленного в виде нейронной сети с применением алгоритма обратного распространения ошибки.

В четвертой главе рассмотрены практические результаты применения разработанных алгоритмов и подходы к проектированию устройств систем телекоммуникаций, а именно систем телекоммуникаций, решающих задачи синхронизации разделенных каналов передачи данных. Рассмотрены вопросы программно-аппаратной структуры коммутационных центров и абонентских устройств оперативно-командной телекоммуникационной системы корабельной связи, проектирования программно-аппаратной структуры модуля кодирования речевого сигнала в устройстве беспроводной передачи речевой информации для системы громкоговорящей связи и при разработке устройства системы приема текстовой информации и аудиопотока через сеть Ethernet.

Приведены результаты экспериментальных исследований применения разработанных алгоритмов при проектировании устройств оперативно-командных систем телекоммуникаций.

Результаты экспериментальных исследований показали, что применение разработанных алгоритмов при проектировании программно-аппаратной структуры коммутационных центров оперативно-командной телекоммуникационной системы корабельной связи позволила обосновать выбор элементной базы на этапе технического предложения, что сократило срок разработки на 10%. При определении оптимальной структуры абонентского устройства оперативно-командной телекоммуникационной системы корабельной связи с учетом реализуемых сетевых протоколов, применение системы позволило оценить и выявить сетевые протоколы, которые оказывают наибольшее влияние на выбор управляющего процессора. В результате оценки при помощи разработанной системы принятия решения был определен процессор и оптимальный вариант структуры, реализующий все заданные сетевые протоколы. При разработке программно-аппаратной структуры модуля кодирования речевого сигнала для системы громкоговорящей связи была произведена оценка сочетания аппаратных и программных конфигураций, на базе нескольких семейств процессоров. Результаты подтвердили корректность оценки структуры системой и сокращают срок разработки устройства. Также была выполнена оценка вариантов структуры системы по критериям стоимости реализации устройства с учетом требуемой производительности процессора и требуемого объема оперативной памяти для

промежуточного хранения аудиоданных. Согласно приведенным результатам показано, что разработанные алгоритмы обеспечивают оценку близкую к экспертной с погрешностью не более 15%.

Заключение содержит список основных результатов диссертационной работы.

В приложении приведены копии актов внедрения результатов.

### **Степень обоснованности и достоверности положений, выводов и заключений, содержащихся в диссертации.**

Обоснованность и достоверность положений, выносимых на защиту автором диссертационной работы, подтверждается корректным использованием следующих теорий и методов:

– применением основных положений теории и методов системного анализа и математического моделирования;

– применением методов теории принятия решений, теории нечетких множеств, теории методов и технологий нейронных систем.

Автором было показано, что применение предложенных алгоритмов оценки на основе нейро-нечеткой сети, обеспечивает формирование частных и общих оценок программно-аппаратной структуры оперативно-командной системы телекоммуникаций с учетом многокритериального характера элементов структуры.

Исследование результатов проектирования оперативно-командных систем и устройств работы с использованием разработанных алгоритмов выбора критериев и оценки программно-аппаратных структур подтвердили повышение эффективности процесса проектирования и качества функционирования данных систем и устройств.

Материалы диссертационного исследования доложены и обсуждены на 4 международных и всероссийских конференциях.

По теме диссертации опубликовано 26 работ и материалов конференций, из которых 5 работ в ведущих журналах, включенных в перечень периодических изданий, рекомендуемых ВАК для опубликования результатов диссертационных исследований.

### **Основные результаты работы и рекомендации по использованию.**

1. Разработанные с применением технологий искусственных нейронных сетей и нечеткой логики алгоритмы могут быть рекомендованы к применению для решения широкого класса задач связанных с проектированием оперативно-командных систем и устройств телекоммуникаций.

2. Полученные в диссертационной работе результаты использованы при выполнении научно-исследовательских работ в Муромском институте ВлГУ, в том числе ХД НИР с АО «Муромский радиозавод», по гранту на проведение научных исследований по приоритетным направлениям развития науки, технологий и техники Владимирской области (2010 г., научный рук., д.т.н., проф. Кропотов Ю.А.) и гранта РФФИ №14-07-31064 (2014-2015 гг., научный рук. Бейлекчи Д.В.).

3. Разработанное программное обеспечение на основе алгоритмов определения критериев и оценки принятия решений по конфигурации структур устройств систем телекоммуникаций имеет практическую значимость в вопросах повышения эффективности процесса разработки и тактико-технических характеристик устройств и систем громкоговорящей связи, что подтверждается актом внедрения на предприятии АО «Муромский радиозавод».

4. Полученные теоретические результаты внедрены в учебный процесс в МИ ВлГУ и могут быть рекомендованы для использования при подготовке бакалавров и магистров по направлению «Информатика и вычислительная техника».

### **Замечания по диссертации и автореферату.**

1. В диссертации имеет место узкая направленность на повышение эффективности процесса проектирования оперативно-командных систем громкоговорящей связи. В ней не рассмотрены возможности применения разработанных алгоритмов для других подобных типов систем телекоммуникаций.

2. Для обучения нейронной сети, используемой для оценки программно-аппаратной структуры, применяется алгоритм обучения сети, основанный на методе обучения с обратным распространением ошибки, при этом нет сравнения с другими методами обучения нейронных сетей.

3. В диссертационной работе указан патент на полезную модель устройства, разработанного с применением предложенных алгоритмов, но отсутствует свидетельство на регистрацию программы для ЭВМ.

При этом, отмеченные замечания не снижают ценности проведенного Бейлекчи Д.В. диссертационного исследования, значимости практических и теоретических научных результатов и выводов работы.

### **Заключение.**

Диссертационная работа Бейлекчи Д.В. на тему «Алгоритмы многокритериального формирования программно-аппаратных структур оперативно-командных систем телекоммуникаций» представляет собой завершенную научно-квалифицированную работу, выполненную на актуальную тему, обладает научной новизной и практической значимостью, которая теоретически обобщает и развивает подходы к созданию автоматизированной оценки и формирования структур программно-аппаратного обеспечения оперативно-командных систем громкоговорящей связи, что позволяет считать, что данное решение задачи имеет большое научно-прикладное значение по повышению эффективности процесса проектирования и качества функционирования таких систем.

Разработанные алгоритмы и структурная схема системы принятия решений на основе применения искусственных нейронных сетей и нечеткой логики является новым научно-техническим решением задачи, имеющей большое научно-прикладное значение, по вопросам проектирования систем телекоммуникаций.

Область исследований в диссертации соответствует п. 8 и п. 11 паспорта специальности 05.12.13 – «Системы, сети и устройства телекоммуникаций». Полученные результаты в диссертации достоверны, выводы и заключения достаточно обоснованы. Результаты диссертации опубликованы в научной печати, обсуждались на международных и всероссийских конференциях. Автореферат соответствует основному содержанию диссертации.

Диссертация на тему «Алгоритмы многокритериального формирования программно-аппаратных структур оперативно-командных систем телекоммуникаций» выполнена на достаточно высоком уровне, имеет теоретическое и практическое значение и соответствует требованиям п. 9, 10, 11 Положения о присуждении ученых степеней ВАК, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук. Автор диссертации Бейлекчи Дмитрий Владимирович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.13 – «Системы, сети и устройства телекоммуникаций».

Отзыв обсужден и одобрен на заседании научно-технического совета АО «НПП «Звукотехника» 10.07.2018 г.

Главный инженер

В.Б. Дыранов

АО «НПП «Звукотехника»  
602264, г. Муром Владимирской области,  
Радиозаводское шоссе, д. 23а  
Телефон:  
E-mail: zvuk@zvuk33.ru

Начальник отдела 4

В.А. Яров

АО «НПП «Звукотехника»  
602264, г. Муром Владимирской области,  
Радиозаводское шоссе, д. 23а  
Телефон:  
E-mail: zvuk@zvuk33.ru