

ЗАСЕДАНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д212.277.01

Повестка дня:

Защита диссертации **Дегтяревым Алексеем Робертовичем**
на соискание ученой степени *кандидата технических наук*:

**"Модели и алгоритмы управления конфигурацией систем
интегрированной модульной авионики"**

Специальности:

**05.13.05 "Элементы и устройства вычислительной техники и
систем управления".**

Официальные оппоненты:

**Махитько Вячеслав Петрович, д.т.н., к.э.н., доцент,
заведующий кафедрой «Управление и
экономика на воздушном транспорте»
ФГБОУ ВО «Ульяновский институт
гражданской авиации имени главного
маршала авиации Б.П. Бугаева»**

**Чекал Елена Георгиевна, к.т.н., доцент кафедры
«Телекоммуникационные технологии и
сети» ФГБОУ ВО «Ульяновский
государственный университет»**

Ведущая организация - **Ульяновский филиал Федерального
государственного бюджетного учреждения
науки Института радиотехники и
электроники им. В.А. Котельникова
Российской академии наук,**

ЗАСЕДАНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д212.277.01
от 21 декабря 2016 года

на заседании присутствовали члены Совета:

1.	Ярушкина Н.Г., председатель Совета	д.т.н., профессор	05.13.12	- технические науки
2.	Киселев С.К. зам. председателя Совета	д.т.н., доцент	05.11.01	- технические науки
3.	Смирнов В.И., уче- ный секретарь Со- вета	д.т.н., профессор	05.11.01	- технические науки
4.	Афанасьева Т.В.	д.т.н., профессор	05.13.12	- технические науки
5.	Васильев К.К.	д.т.н., профессор	05.13.05	- технические науки
6.	Дьяков И.Ф.	д.т.н., профессор	05.13.12	- технические науки
7.	Епифанов В.В.	д.т.н., доцент	05.13.12	- технические науки
8.	Крашенинников В.Р.	д.т.н., профессор	05.13.05	- технические науки
9.	Клячкин В.Н.	д.т.н., профессор	05.11.01	- технические науки
10.	Макаров Н.Н.	д.т.н.	05.11.01	- технические науки
11.	Негода В.Н.	д.т.н., доцент	05.13.05	- технические науки
12.	Самохвалов М.К.	д.ф-м.н., профессор	05.11.01	- технические науки
13.	Сергеев В.А.	д.т.н., доцент	05.11.01	- технические науки
14.	Соснин П.И.	д.т.н., профессор	05.13.12	- технические науки
15.	Стучебников В.М.	д.т.н., профессор	05.13.05	- технические науки
16.	Ташлинский А.Г.	д.т.н., профессор	05.13.05	- технические науки

Председатель Совета,
д.т.н., профессор

Ученый секретарь Совета
д.т.н., профессор



Н.Г.Ярушкина

В.И.Смирнов

Председатель

Уважаемые коллеги!

На заседании диссертационного Совета Д212.277.01 из **21** члена Совета присутствуют 16 человек. Необходимый кворум имеем.

Членам Совета повестка дня известна. Какие будут суждения по повестке дня? Утвердить? (принято единогласно).

По специальности защищаемой диссертации **05.13.05 "Элементы и устройства вычислительной техники и систем управления"** (технические науки) на заседании присутствуют 5 докторов наук.

Наше заседание правомочно.

Председатель

Объявляется защита диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук **Дегтяревым Алексеем Робертовичем** по теме: *"Модели и алгоритмы управления конфигурацией систем интегрированной модульной авионики."*

Работа выполнена в Ульяновском государственном техническом университете.

Научный руководитель - **д.т.н., доцент Киселев С.К.**

Официальные оппоненты:

Махитько Вячеслав Петрович, д.т.н., к.э.н., доцент,
заведующий кафедрой «Управление и экономика на воздушном транспорте»
ФГБОУ ВО «Ульяновский институт гражданской авиации имени главного маршала авиации Б.П. Бугаева»

Чекал Елена Георгиевна, к.т.н., доцент кафедры
«Телекоммуникационные технологии и сети» ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный университет»

Присутствуют оба оппонента.

Письменные согласия на оппонирование данной работы от них были своевременно получены.

Ведущая организация - **Ульяновский филиал Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова Российской академии наук.**

Слово предоставляется **Ученому секретарю** диссертационного Совета д.т.н. **В.И.Смирнову Д212.277.01** для оглашения документов из личного дела соискателя.

Ученый секретарь

Соискателем **Дегтяревым Алексеем Робертовичем** представлены в Совет все необходимые документы для защиты кандидатской диссертации (зачитывает):

- заявление соискателя;
- копия диплома о высшем образовании (заверенная);
- удостоверение о сдаче кандидатских экзаменов;
- заключение по диссертации от организации, где выполнялась работа;
- диссертация и автореферат в требуемом количестве экземпляров.

Все документы личного дела оформлены в соответствии с требованиями Положений ВАК.

Основные положения диссертации отражены **Дегтяревым А.Р.** в 14 научных работах, в т.ч. в **четырёх** статьях в изданиях из перечня **ВАК**. Соискатель представлен к защите **17.10.2016г.** (протокол №8). Объявление о защите размещено на сайте ВАК РФ **19.10.2016г.**

Председатель

Есть ли вопросы по личному делу соискателя к ученому секретарю Совета? (Нет).

Есть ли вопросы к **Дегтяреву А.Р.** по личному делу? (Нет).

Алексей Робертович, Вам предоставляется слово для изложения основных положений Вашей диссертационной работы.

Соискатель

Спасибо. Уважаемый Председатель, уважаемые члены Совета, хочу представить Вам свою работу на тему «Модели и алгоритмы управления конфигурацией систем интегрированной модульной авионики».

Комплексы бортового оборудования на основе концепции интегрированной модульной авионики, пришедшие на смену традиционной федеративной архитектуре, представляют собой следующий шаг в развитии авиационного приборостроения и неразрывно связаны с новыми летательными аппаратами, которые обладают улучшенными летными характеристиками, и к которым предъявляются повышенные требования по надежности и унификации структурных элементов.

При этом ключевым вопросом является разработка алгоритмов функционирования и средств реализации отказоустойчивого КБО, одним из основных свойств которого является использование активной системы безопасности, позволяющей в случае возникновения в комплексе частичных отказов изменять его структуру для сохранения функций. Построение такого комплекса возможно путем динамического управления конфигурацией его ресурсов с целью уменьшения резервирования и обеспечения требуемых показателей отказобезопасности. Актуальность работы также обусловлена целым рядом государственных программ,

направленных на совершенствование существующих и создание новых КБО, а также новыми стандартами на проектирование ИМА.

Целью диссертационной работы является дальнейшее совершенствование методов проектирования ИМА и создание моделей и алгоритмов распределения ресурсов, а также алгоритмов динамического управления конфигурацией системы, которые позволят обеспечить требуемые повышенные показатели отказобезопасности.

В соответствии с поставленной целью в работе был решен целый ряд задач, направленных на исследование ключевых структурных особенностей системы и реализации на их основе динамического управления конфигурацией с последующей оценкой его эффективности.

На защиту выносятся: единая математическая модель, объединяющая аппаратную и программную архитектуры системы ИМА, отличающаяся тем, что кроме связей между ними в ней учитываются особенности каждой из архитектур, что позволяет использовать ее для разработки алгоритмов управления конфигурацией с обеспечением требуемого уровня отказобезопасности; алгоритм определения базовой конфигурации системы ИМА на основе заданного критерия распределения с учетом соответствия критичности функций и требуемого уровня гарантии конструирования аппаратуры в соответствии с современными стандартами; алгоритмы динамического изменения конфигурации системы ИМА, позволяющие обеспечивать требуемый уровень отказобезопасности при различных условиях ее функционирования; методика определения конфигурации системы ИМА, основанная на разработанных моделях и алгоритмах, которая соответствует современным стандартам.

Анализ существующих комплексов показал, что на сегодняшний день существует множество методов проектирования аппаратной платформы, в то время как влияние программного обеспечения и операционной системы реального времени на отказобезопасность оцениваются лишь на поздних этапах разработки. При этом требуемые показатели отказобезопасности достигаются либо за счет резервирования функций, либо путем введения разнородности программных и аппаратных компонентов. Это, в свою очередь, приводит к увеличению себестоимости серийной системы и удорожанию разработки.

Поэтому вместо введения резервирования и разнородности компонентов предлагается осуществлять реконфигурацию ресурсов вычислителя ИМА в процессе выполнения задач при возникновении отказов его структурных элементов, либо при изменении режима работы. При этом реконфигурация рассматривается как переключение между состояниями комплекса при возникновении отказа, так как этого требуют современные стандарты на проектирование. Каждое состояние, в которое система переходит после проведения того или иного вида реконфигурации, характеризуется множеством исправных аппаратных модулей и функциональных приложений.

Множества приложений и аппаратных модулей разделены на отдельные подмножества для того, чтобы удовлетворить различным требованиям к видам одновременно проводимых реконфигураций. Но в общем случае эти подмножества пересекаются.

Для осуществления реконфигурации разработчик на этапе разработки должен определить базовую конфигурацию системы. При этом начальное распределение программных приложений по аппаратной платформе должно учитывать соответствие уровней критичности функций уровням гарантии конструирования аппаратуры, а также требуемый критерий распределения. В результате анализа в качестве основного

критерия при распределении функций был выбран объем передаваемых данных в единицу времени между этими функциями. Сокращение количества обращений к каналам связи позволяет увеличить время выполнения критичных функций и сократить число ошибок при передаче данных.

Разработанная математическая модель системы ИМА помимо описания состава системы и ее состояний, содержит математическое описание структуры в виде соответствующих ориентированных графов функциональной и аппаратной структур. Вершинам взвешенного графа функциональной структуры соответствуют функциональные приложения, характеризующиеся параметрами критичности и объема вычислений, которые соединены дугами, соответствующими массивам данных с параметрами частоты обращения и размера. Вершины графа аппаратной структуры соответствуют модулям с параметрами емкости памяти, производительности процессора, уровня гарантии конструирования аппаратуры, а дуги соответствуют каналам связи с параметрами количества передаваемых данных и пропускной способности. Связи между графами определяются выбранным критерием распределения, а их состав – текущим и требуемым состоянием системы.

Проведенный анализ алгоритмов решения типовых задач на графах показал, что они не могут быть применены в «чистом» виде для решения задачи определения базовой конфигурации, поскольку не учитывают множество ограничений, накладываемых на систему, а также ряд ее параметров. Кроме того эти алгоритмы могут дать такие решения, которые не нельзя реализовать в реальной системе.

Поэтому предлагается алгоритм определения базовой конфигурации системы, который состоит из последовательного перебора пар вершин графа функциональной структуры по убыванию значения потока данных между ними и отображения указанных пар на вершины графа аппаратной структуры при соблюдении соответствия уровней критичности приложений и уровней гарантии конструирования аппаратуры модулей. Для работы алгоритма необходимы следующие входные данные: матрица смежности, матрица потоков данных и набор ограничений в виде неравенств. Эти данные могут быть получены разработчиком путем анализа требований технических заданий и протоколов информационного обмена, которые к ним прилагаются. В результате работы алгоритма будет получена матрица распределения, на основе которой строится граф аппаратной структуры с распределенными функциональными задачами.

Работа алгоритма промоделирована на примере типового КВО вертолета, в результате чего получены граф аппаратной структуры КВО с распределенными задачами и соответствующая матрица распределения.

Таким образом, разработанная математическая модель и алгоритм определения базовой конфигурации системы позволяют определить базовую конфигурацию системы ИМА с учетом ее ключевых параметров и соответствия критичности функциональных приложений требуемому уровню гарантии конструирования аппаратуры.

После определения базовой конфигурации системы разработчик должен определить перечень отказов, после которых будет проводиться реконфигурация. При этом необходимо задать условия перехода к той или иной конфигурации. Предложен алгоритм принятия решения о проведении реконфигурации, основанный на результатах встроенного контроля функций и аппаратуры. Он заключается в анализе вектора встроенного контроля и принятии решения о проведении того или ино-

го вида реконфигурации, либо о выставлении сигнала неисправности крейта.

После принятия решения о реконфигурации необходимо осуществить саму реконфигурацию. Задача аппаратной реконфигурации состоит в перераспределении функций по аппаратной платформе с учетом выбранного критерия после аппаратного отказа. Данный вид реконфигурации подразумевает исключение задач из состава КБО по причине недостаточности аппаратных ресурсов для выполнения всего множества приложений.

Предложен порядок формирования упорядоченного множества функций для их исключения. Функции должны располагаться по убыванию параметров критичности и объема передаваемых данных в единицу времени. Ограничения на возможность исключения накладывает информационная взаимосвязанность функций, при которой исключение одной ведет к автоматическому исключению другой.

На основании упорядоченного множества функций и алгоритма определения базовой конфигурации предложен алгоритм аппаратной реконфигурации, который заключается в последовательном исключении функций упорядоченного множества из состава КБО и распределении оставшихся по заданному критерию.

Моделирование работы алгоритма аппаратной реконфигурации на примере КБО вертолета также дает графы аппаратной структуры с распределенными задачами для примера при отказе одного и двух вычислительных модулей.

Задачи программной и функциональной реконфигурации фактически идентичны задаче определения базовой конфигурации, так как они не накладывают дополнительных ограничений и не рассматривают другие параметры. Исключение составляет необходимость разбиения множества функций и графа функциональной структуры на подграфы в соответствии с режимами работы. На практике же может возникнуть такая ситуация, когда потребуется одновременно провести несколько типов реконфигурации. В этом случае предлагается осуществлять смешанную реконфигурацию. При этом функциональный граф также разбивается на подграфы в соответствии с режимами работы. Для каждого из режимов по предложенному принципу формируется упорядоченное множество функций для их последующего исключения и реализуется разработанный алгоритм смешанной реконфигурации, который проверяет условие смены режима работы, а затем осуществляет распределение исправных функциональных приложений по аппаратным модулям в соответствии с выбранным критерием. При этом необходима модификация входных данных для их соответствия режимам работы. Выходными данными служат матрицы размещения для каждого режима.

Моделирование работы алгоритма на примере КБО вертолета при отказе двух аппаратных модулей дает соответствующие графы аппаратной структуры с распределенными задачами в различных режимах полета.

Таким образом, предлагаемые алгоритмы реконфигурации позволяют в процессе разработки определить таблицу реконфигурации, в соответствии с которой будет происходить переключение между состояниями во время полета при отказе того или иного структурного элемента системы или при изменении режима полета. Данный принцип не противоречит стандартам на проектирование авионики.

Оценка эффективности разработанных алгоритмов на первом этапе проводилась на различных наборах входных данных. При этом были по-

лучены зависимости количества вычислительных модулей крейта от числа приложений и от показателя средней сложности приложений при распределении задач. На основе полученных зависимостей была определена параметрическая поверхность системы ИМА, по которой можно определить ее размерность на начальном этапе проектирования.

На следующем этапе исследования оценивалась зависимость допустимого количества отказавших модулей от количества функций с уровнями критичности А и В, исключение которых из состава комплекса не допустимо. Расчет показал, что максимально допустимое количество отказавших модулей возрастает не более чем на 20% при уменьшении сложности критичных функций.

На следующем этапе была проведена предварительная оценка безопасности проектируемого комплекса в соответствии со стандартами на проектирование авионики, в результате которой были определены перечень его отказных состояний, режимы работы, и построены деревья неисправностей для блока федеративной архитектуры и для реконфигурирующегося крейта ИМА. Расчеты в автоматизированной системе показали, что федеративный блок с двойным резервированием модулей не обладает лучшими показателями отказобезопасности, чем один реконфигурирующийся крейт с резервированным коммутатором.

Для более точной оценки эффективности реконфигурации были построены деревья неисправности для распределенного КБО ИМА, разработанного АО «Ульяновское конструкторское бюро приборостроения» при участии автора, и для варианта реализации этого КБО на основе реконфигурирующегося крейта. При этом были рассмотрены задачи, выполняемые этим комплексом, и сформированы необходимые входные данные для работы алгоритмов. В результате применения предложенного алгоритма определения базовой конфигурации получено исходное распределение, а в результате работы алгоритма аппаратной реконфигурации получено соответствующее распределение при отказе двух модулей.

Далее были построены деревья неисправностей распределенной системы ИМА и реконфигурирующейся системы ИМА с использованием схем соединения соответствующих блоков, а также информации по их интенсивностям отказов, полученной из расчетов надежности.

На основании деревьев неисправностей была проведена оценка вероятности отказа распределенной системы ИМА и реконфигурирующейся системы ИМА на один час полета для экспоненциального закона распределения вероятностей. Оценка вероятности отказа реконфигурирующегося КБО в 15 раз ниже, чем распределенного. Это объясняется тем, что сосредоточение вычислительных мощностей в высоконадежном реконфигурирующемся крейте позволяет сократить количество вычислительных модулей и обособить низконадежные элементы, такие как датчики, которые входили в состав нерезервированных блоков. Унификация вычислительных модулей и уменьшение их числа позволят ввести дополнительное резервирование датчиков в системе при сохранении ее себестоимости, что в свою очередь приведет к увеличению показателя отказобезопасности комплекса в целом.

На основе разработанных алгоритмов была предложена методика определения конфигурации КБО ИМА, которая заключается в определении базовой конфигурации системы ИМА путем анализа требований ТЗ, применения указанных алгоритмов и проведения предварительной оценки безопасности, с последующей реализацией реконфигурирующейся си-

стемы по предложенным принципам и повторным проведением оценки безопасности с уточнением деревьев неисправностей.

Таким образом, основными результатами работы являются разработанная математическая модель, которая учитывает ключевые параметры системы и соответствие уровней критичности функций требуемому уровню гарантии конструирования аппаратуры, алгоритм определения базовой конфигурации системы на основе математической модели, а также алгоритмы динамической реконфигурации системы, которые позволяют обеспечить требуемые повышенные показатели отказобезопасности во время полета.

Результаты диссертационной работы внедрены в производство в АО «УКБП» при разработке платформы ИМА ИМ-21-2, а также в разработку проекта системы курсоверткали из состава КБО ИМА, который получил премию всероссийского союза машиностроителей за исследования и разработки в интересах обороны и безопасности страны.

Председатель

У кого есть вопросы к соискателю?

д.т.н., доцент Негода В.Н.

Все-таки в системе реального времени всегда существует набор ограничений реального времени, который прописывается в техническом задании. Хотелось бы узнать, где у вас в алгоритмах, слайд 11 и далее, присутствуют ограничения реального времени, которые влияют на принятие решения и которые должны учитываться?

Соискатель

Ограничения реального времени в общем случае зашифрованы в ограничениях на производительность процессора, потому что для реального времени именно процессору предоставляется ограниченное количество времени для решения той или иной функциональной задачи.

д.т.н., доцент Негода В.Н.

В чем вычисляется производительность, если она там фигурирует?

Соискатель

Она трактуется как интервал времени, который займет назначенная функция.

д.т.н., доцент Негода В.Н.

То есть это все-таки не производительность, а время исполнения программной функции или функции управления?

Соискатель

Фактически, да.

д.т.н., доцент Негода В.Н.

И вот эта система ограничений в каких-то матрицах материализуется? Где она спрятана?

Соискатель

В ограничении в виде неравенства есть суммарный интервал, есть интервал времени, в течение которого выполняется функция, и соответствующая булева переменная, которая показывает, назначена ли эта функция в модуль или нет.

д.т.н., доцент Негода В.Н.

Когда вы назначаете эти ограничения, то фактически эти ограничения - ограничения технического задания, да? В таком случае у вас есть два наибольшим образом влияющих на принятие решения о реконфигурации фактора. Это сама производительность аппаратного блока и алгоритм, который зашивается в программу. Как осуществляется выбор в пространстве этих факторов? То есть, как осуществляется управление этим выбором? Много ли сочетаний таких факторов возникает, при которых осуществляется реконфигурация?

Соискатель

Эти сочетания определяются разработчиком на этапе разработки. Он не обязательно ставит задачу проведения реконфигурации после отказа какого-либо элемента. Он может задать различные условия, например, если отказал один модуль, то в этом случае реконфигурацию допускается не проводить. Это сразу сокращает количество вариантов реконфигурации. То есть, фактически, разработчик сам определяет, когда и как будет проводиться реконфигурация. Но при этом, в конечном итоге, он должен удовлетворить требованиям технического задания.

д.т.н., доцент Негода В.Н.

Спасибо.

д.т.н., профессор Крашенинников В.Р.

Я хочу, чтобы вы пояснили. Возможные ситуации, когда что-то выходит из строя, продумываются на этапе проектирования?

Соискатель

Да, именно.

д.т.н., профессор Крашенинников В.Р.

Тогда у этой системы, которая уже, скажем так, летит, есть набор ситуаций, и она определяет, что именно произошло, и использует готовый вариант перекоммутации элементов?

Соискатель

Да, верно.

д.т.н., профессор Крашенинников В.Р.

И такой задачи, чтобы ваша модель сама автоматически нашла нужный выбор, нет?

Соискатель

Не совсем понял ваш вопрос.

д.т.н., профессор Крашенинников В.Р.

То есть все ситуации заранее просчитаны?

Соискатель

Да. Все.

д.т.н., профессор Крашенинников В.Р.

А вдруг какая-нибудь еще новая возникнет? То есть, в вашей модели и системе не предусмотрено, чтобы она сама нашла выход?

Соискатель

Цель создания этой модели и заключается в том, чтобы исключить неопределенные ситуации.

д.т.н., профессор Крашенинников В.Р.

Как все-таки это реализуется технически? Происходит перекоммутация?

Соискатель

Это зависит от выбранного способа организации системы безопасности.

д.т.н., профессор Крашенинников В.Р.

А как может быть?

Соискатель

Либо у нас есть отдельный модуль, который осуществляет встроенный контроль над остальными модулями. Либо есть распределенная система безопасности, в которой каждый модуль следит за состоянием всех остальных. При этом, получив информацию об исправности или неисправности от всех модулей, он сопоставляет ее с той, которая лежит у него в памяти, и просто останавливает одни приложения и запускает другие.

д.т.н., профессор Крашенинников В.Р.

Что значит «приложения»? Функции? Программы?

Соискатель

Да, функциональные приложения, программы.

д.т.н., профессор Крашенинников В.Р.

Они выполняют и функции, которые были?

Соискатель

Да, в том числе.

д.т.н., профессор Крашенинников В.Р.

Никто так еще не делал? Вы говорите, что есть подобные работы, и этой темой занимаются, реконфигурированием. Вы с ними знакомы, но сравнивали ли вы свои результаты с теми? Потому что здесь у вас сравнение с распределенной системой, в которой реконфигурация не производится, так?

Соискатель

Исследование других работ показало, что переключение именно в процессе полета не производится больше никем. Изменение конфигурации достигается путем задействования каких-то упрощенных алгоритмов и так далее.

д.т.н., профессор Крашенинников В.Р.

Понятно. Но я о том, что и ваша система еще нигде реально не работает?

Соискатель

Пока, к сожалению, нет.

д.т.н., профессор Крашенинников В.Р.

Я имею в виду наработки такого рода. Вы говорите, что реально таких нет. Но у вас-то это тоже только в проекте? Может у кого-то тоже в проекте что-то подобное есть?

Соискатель

Во всяком случае, в открытой печати такой информации нет.

д.т.н., профессор Крашенинников В.Р.

Нет? Ладно. Здесь очень хорошие вы приводите показатели эффективности. Правда, не понятно, в одном месте вероятность отказа на

порядок меньше, называете число в 15 раз, а в другом месте – на несколько порядков меньше. И там и тут вроде бы вероятность отказа. В одном месте на один порядок, а в другом – на несколько. Это одно и то же или что-то разное?

Соискатель

Это одно и то же, просто немного неудачно выбрана формулировка.

д.т.н., профессор Крашенинников В.Р.

Так все-таки на несколько порядков или в 15 раз?

Соискатель

В 15 раз.

д.т.н., профессор Крашенинников В.Р.

Хорошо. Но эти 15 раз, как они получены? Путем теоретических расчетов или моделированием?

Соискатель

Они получены путем расчета в автоматизированной системе.

д.т.н., профессор Крашенинников В.Р.

Все-таки моделирование или расчет по формуле?

Соискатель

Расчет. Для экспоненциального закона распределения вероятностей были построены деревья неисправностей в специализированной системе расчета и получены результирующие оценки вероятностей отказа.

д.т.н., профессор Крашенинников В.Р.

Это интересно. Вот у нас есть некоторая система. Значит, вы моделируете или имитируете отказ того или иного элемента?

Соискатель

Да. В качестве операндов здесь выступают отказы каждого из элементов.

д.т.н., профессор Крашенинников В.Р.

Каждого из элементов в отдельности? Я имею в виду вот эти блоки в целом.

Соискатель

Да, есть базовая вероятность отказа каждого из элементов.

д.т.н., профессор Крашенинников В.Р.

Эти вероятности откуда-то известны? Этот поток отказов.

Соискатель

Они берутся из соответствующих проведенных расчетов надежности в соответствии с ГОСТ.

д.т.н., профессор Крашенинников В.Р.

То есть эти данные имеются?

Соискатель

Да.

д.т.н., профессор Крашенинников В.Р.

И сколько вы таких экспериментов провели, чтобы получить вероятность отказа за 1 час?

Соискатель

Эксперимент был один.

д.т.н., профессор Крашенинников В.Р.

Понятно, что один, но сколько раз вы его промоделировали?

Соискатель

Один раз.

д.т.н., профессор Крашенинников В.Р.

Как один раз? Чтобы получить оценку вероятности надо очень много раз повторить этот эксперимент. Если вы провели всего одно испытание, то вы никакой оценки не получите.

д.т.н., профессор Васильев К.К.

Отказа не было.

д.т.н., профессор Крашенинников В.Р.

Да, значит ноль, так?

Соискатель

Нет. Это не испытание.

д.т.н., профессор Крашенинников В.Р.

Вы мне, пожалуйста, скажите, как вы вычисляли эту вероятность отказа?

Соискатель

Эту вероятность вычисляет автоматизированная система расчета. Я задаю лишь вероятности отказов базовых событий. То есть отказ одного модуля, еще одного модуля.

д.т.н., профессор Крашенинников В.Р.

И она рассчитывает и выдает значение?

Соискатель

Да, рассчитываются промежуточные вероятности и результирующая вероятность.

д.т.н., профессор Крашенинников В.Р.

И что, она может это сделать для любой структуры?

Соискатель

Да.

д.т.н., профессор Крашенинников В.Р.

Но у вас структура вроде как бы меняется?

Соискатель

Это заложено в этом реконфигурирующемся крейте.

д.т.н., профессор Крашенинников В.Р.

То есть это было не моделирование, а расчет по каким-то формулам?

Соискатель

Да, это был расчет.

д.т.н., профессор Крашенинников В.Р.

Спасибо.

д.т.н., профессор Васильев К.К.

В продолжение вопроса Виктора Ростиславовича. Тут Алексей Робертович пишет, что он использует методы теории надежности. Что это за методы теории надежности, которые позволили получить такую эффективность?

Соискатель

Расчет надежности для экспоненциального закона распределения вероятностей.

д.т.н., профессор Васильев К.К.

Что-что?

Соискатель

Расчет показателя отказобезопасности для экспоненциального закона распределения вероятностей отказов элементов.

д.т.н., профессор Васильев К.К.

То есть вы рассматриваете всю эту систему как систему, которая формирует поток отказов?

Соискатель

Да.

д.т.н., профессор Васильев К.К.

Тогда у вас есть динамика? То есть вы рассматриваете отказы каждого элемента и формируете общий поток отказов? Вы берете вероятности отказов и по формуле для суммы или произведения событий, в зависимости от резервирования или реконфигурации, выбираете как бы параллельный путь, да? Поэтому у меня, в связи с такой большой эффективностью, есть вопросы. Во-первых, такое впечатление, что вы при этом не учитывали надежность самих датчиков.

Соискатель

Датчики учтены.

д.т.н., профессор Васильев К.К.

Если датчик отказал, то вы ничего не сделаете.

Соискатель

Ничего не сделаем.

д.т.н., профессор Васильев К.К.

То есть, я так понимаю, что эта ненадежность, которая заложена в самих датчиках, а их очень много, она сохранится. Вот в эти 15 раз входит, учитывается надежность датчиков или нет?

Соискатель

Да, учитывается. Повышенные показатели отказобезопасности как раз достигаются за счет дополнительного резервирования этих датчиков за счет сокращения себестоимости системы при использовании реконфигурирующегося крейта с унифицированными вычислительными модулями. То есть датчики обособляются от нерезервированных блоков и дополнительно резервируются.

д.т.н., профессор Васильев К.К.

Но датчики же разнообразные. Высоты, скорости, там чего только нет. То есть вы предполагаете, что они все резервируются? Точно также как в предыдущей системе.

Соискатель

Да.

д.т.н., профессор Васильев К.К.

Тогда за счет чего выигрыш? Получается, что основная ненадежность находится в вычислителе самом?

Соискатель

Нет.

д.т.н., профессор Васильев К.К.

Понимаете, если бы основная ненадежность была у датчиков, то вы ничего бы не выиграли за счет реконфигурации. И раньше тоже, отказал датчик – подключаем другой, резервный. Суть выигрыша за счет чего? За счет вычислительной структуры? За счет того, что вы процессор один за другим подключаете и реконфигурируете вычисления? Или какие-то еще более тонкие моменты есть?

Соискатель

Все-таки в конечном итоге такой показатель достигается за счет дополнительного введения резервирования датчиков.

д.т.н., профессор Васильев К.К.

Введения чего?

Соискатель

Резервирования датчиков.

д.т.н., профессор Васильев К.К.

Датчиков дополнительных? Тогда простите, но вы неправильно сравниваете. Если у вас в предыдущей системе не было дополнительного датчика давления, а теперь вы его ввели, то это не за счет реконфигурации выигрыш, а за счет введения дополнительного оборудования.

Соискатель

Здесь речь идет о датчиках такого типа, которые стоят не за бортом, а в нерезервированных блоках. Таких датчиков очень много. И такой подход выделения вычислительных мощностей позволяет дополнительно зарезервировать такие датчики. То есть не нужно резервировать блок, в котором находится датчик. Достаточно зарезервировать датчик.

д.т.н., профессор Васильев К.К.

Это вроде бы очевидно. Правильно ли я понял, что вы все-таки сравниваете надежность не с такой же системой по составу оборудования, а с более простой, которая не имеет дополнительных резервных датчиков? Или я неправильно понимаю? То есть выигрыш не только за счет реконфигурации, но и за счет введения дополнительного оборудования.

Соискатель

Да, не только за счет реконфигурации.

д.т.н., профессор Васильев К.К.

Понятно. И еще один момент. У вас есть некоторая надструктура, которая определяет, есть отказ или нет. А потом уже реконфигурирует. А вы учитывали отказ этой структуры? Ведь ее же тоже надо резервировать по идее и тоже реконфигурировать. Потому что отказ того, кто следит, приводит к последствиям. Вы учитывали отказ этой структуры?

Соискатель

Да.

д.т.н., профессор Васильев К.К.

А как и где?

Соискатель

Она, фактически, представляет собой те же самые программные приложения, которые следят за состоянием системы, и их надежность определяется в соответствии со стандартом.

д.т.н., профессор Васильев К.К.

И они входят в ваш граф, по которому вы считаете?

Соискатель

Они входят в накладываемые ограничения на размещение приложений.

д.т.н., профессор Васильев К.К.

То есть вы учли надежность этой структуры, правильно я понимаю?

Соискатель

Да.

д.т.н., профессор Васильев К.К.

Спасибо.

д.т.н., доцент Сергеев В.А.

Вопрос с резервированием у меня тоже возникал. Потому что наверняка сохраняется необходимость резервирования каких-то модулей. И определение этих обязательно резервируемых модулей нужно до разработки алгоритмов определить, да? У меня вопрос, близкий к этому. Существует ли такая комбинация отказов, при которой вы можете реконфигурировать систему, она будет выполнять функции, но вы не обеспечите заданного уровня отказобезопасности? Существует ли такое множество отказов, при которых функции выполняются, а отказобезопасность не обеспечивается?

Соискатель

Получается, что существует, но это последние шаги выполнения алгоритма. То есть следующий отказ приведет к катастрофе.

д.т.н., доцент Сергеев В.А.

Я хочу пояснить, 22 слайд откройте, я не очень понял, что там сбоку синим, вот эти числа, 20, 40. Что это?

Соискатель

Это процент загруженности вычислительного модуля.

д.т.н., доцент Сергеев В.А.

Того, который должен принимать решения?

Соискатель

Нет, извиняюсь, это сложность функционального приложения. В процентах от ресурса модуля.

д.т.н., доцент Сергеев В.А.

А количество критичных функций k_1 и k_2 . Почему там только k_1 и k_2 , ведь функций может быть больше? Или это просто какой-то пример?

Соискатель

k_1 и k_2 это функции с уровнями критичности А и В в соответствии с КТ-178В. Их исключение из состава комплекса недопустимо.

д.т.н., доцент Сергеев В.А.

Понятно. Но нигде пояснений нет, поэтому, почему именно относительно этих функций? Ясно, что если выполнение этих функций невозможно, то реконфигурировать уже ничего нельзя.

Соискатель

Вот эти функции указаны в упорядоченном множестве.

д.т.н., доцент Сергеев В.А.

Понятно. Спасибо.

д.т.н., доцент Епифанов В.В.

Первый вопрос познавательный. Скажите, пожалуйста, самолетостроительные заводы работают, КБ тоже. Управление конфигурацией интегрированных систем, вероятно, ведется. В чем проблема? Есть какая-то статистика отказов именно из-за конфигурации системы, что вы взяли эту проблему решать?

Соискатель

Основная статистика заключается в том, что даже с трехкратным резервированием систем происходят катастрофы, в которых погибают люди. Поэтому нужно обеспечить повышенные показатели отказобезопасности критичных функций.

д.т.н., доцент Епифанов В.В.

Вот термин «отказобезопасность», он какой-то стандартный?

Соискатель

Да, это стандартный термин, в соответствии с авиационными стандартами.

д.т.н., доцент Епифанов В.В.

Потому что в ГОСТе по надежности есть такие термины как «безотказность», «долговечность», «ремонтпригодность» и так далее, а не «отказобезопасность». У вас «отказобезопасность»?

Соискатель

Да, «отказобезопасность». В ГОСТе такого термина нет, но в авиационных стандартах он есть.

д.т.н., доцент Епифанов В.В.

Внедрение на АО «УКБП» что позволило получить? У них есть какая-то конфигурация системы или есть какая-то статистика, что до этого были отказы по продукции, а ваши разработки позволили улучшить показатели?

Соискатель

Нет, алгоритм был применен в новой разработке, поскольку доказательство эффективности – это очень сложный процесс, который занимает годы. Поэтому внедрить его в серийную систему пока не представляется возможным.

д.т.н., доцент Епифанов В.В.

Спасибо.

д.т.н., Макаров Н.Н.

Алексей Робертович, вы предлагаете, как я понимаю, отказаться от аппаратной асимметрии. В обосновании своей работы вы говорите, что от нее лишние затраты и так далее. Позволяют ли предлагаемые вами алгоритмы полностью исключить аппаратную асимметрию? Ведь ее задача не только в повышении отказобезопасности, но еще и в исключении ошибок проектирования. Каким образом вы эту проблему решаете? Либо вы полностью от нее не отказываетесь?

Соискатель

Мы полностью от нее не отказываемся. Я могу сказать по этому вопросу то, что, насколько мне известно, на сегодняшний момент не существует ГОСТ, который однозначно бы определял понятие «разнородности». То есть требование разнородности в ТЗ появляется, но как она конкретно должна быть реализована, не указывается. Не понятно, как доказывать соответствие системы требованиям разнородности.

д.т.н., Макаров Н.Н.

Но для уровней критичности КИ все-таки существуют такие требования при квалификации. Над этим тоже надо будет поработать вам.

Соискатель

Обязательно.

д.т.н., профессор Дьяков И.Ф.

Скажите, пожалуйста, в положениях, выносимых на защиту, есть единая математическая модель. Математическая модель должна обладать какими-то свойствами. Какими свойствами ваша модель обладает? Универсальности, точности, адекватности, экономичности? Какими свойствами?

Соискатель

Обладает свойством адекватности. Она учитывает ключевые параметры системы, ее программной и аппаратной части, поэтому может быть применена для разработки реальной системы.

д.т.н., профессор Дьяков И.Ф.

Еще вопрос. Вы использовали метод оптимизации. У вас есть критерий, есть условия-ограничения. А какие ограничения? Линейные или нелинейные?

Соискатель

В данном случае ограничения линейные, как в задаче линейного программирования.

д.т.н., профессор Дьяков И.Ф.

И какой метод оптимизации вы использовали? Их есть более десятка.

Соискатель

С математической точки зрения метод, который я использовал, нельзя назвать оптимальным. Фактически, решалась задача уменьшения загруженности сети передачи данных.

д.т.н., профессор Дьяков И.Ф.

И последнее. Вот решили эту задачу. Проверяли ли вы это на устойчивость, что выбрали вы правильный метод оптимизации?

Соискатель

Да, устойчивость была проверена. Во всех случаях моделирования получится адекватный результат.

д.т.н., профессор Дьяков И.Ф.

Спасибо.

Председатель, д.т.н., профессор Ярушкина Н.Г.

У меня есть уточняющий вопрос. У вас все-таки реконфигурация касается вычислителя или всего комплекса модульной авионики? Масштаб реконфигурации какой?

Соискатель

Только вычислитель.

Председатель, д.т.н., профессор Ярушкина Н.Г.

Только вычислитель значит. Хорошо, ясно.

Председатель

Есть еще вопросы? (Нет).

Согласны ли члены Совета сделать технический перерыв? (Нет).
Тогда продолжаем работу.

Слово предоставляется научному руководителю работы **д.т.н., доценту Киселеву Сергею Константиновичу**

д.т.н., доцент Киселев Сергей Константинович

Когда Алексей Робертович начал обучаться в аспирантуре, АО «УКБП» выполняло большую работу по разработке КБО ИМА. И стало понятно, что одно дело – предложить какие-то технические и аппаратные решения, а как потом это все будет работать было не понятно. Понятие реконфигурации и принципы реконфигурации известны давно. Но оказалось, что то, как традиционно предлагается перераспределять ресурсы в полете ни в коем случае не соответствует современным требованиям авиационной документации, и отсюда появился интерес Алексея Робертовича к данной теме. Как исследователь он показал себя с очень хорошей стороны, инициативно подошел к данной теме, обработал большой объем информации, выделил существенные черты в данной теме. Им лично были предложены все те решения, которые здесь докладывались. Его отличает то, что это именно тема, над которой он работает как инженер в АО «УКБП». Он хорошо знает всю нормативную документацию, которая регламентирует разработку данных систем, и поэтому его взгляд на разработку этих научных подходов и методов заставляет его искать такие решения, которые соответствовали бы нормативной документации. И часто находят интересные решения, как потом показало выступление на предприятии, которые поддерживаются ведущими конструкторами. Они действительно говорят, что такие подходы на практике применимы и дадут положительные результаты. Поэтому с этой точки зрения как исследователя, инженера-исследователя, Алексея Робертовича я характеризую исключительно положительно и считаю, что у него есть хорошие перспекти-

вы продолжения работы над этой темой на предприятии. Навыки, полученные им при выполнении кандидатской диссертации, будут полезны в любой его дальнейшей работе.

(Отзыв прилагается).

Председатель

Ученому секретарю Совета предоставляется слово для оглашения заключения организации, где выполнялась работа и отзыва ведущей организации.

Ученый секретарь оглашает заключение организации, где выполнялась работа. Затем зачитывает отзыв ведущей организации.

(Заключение и отзыв прилагаются).

Председатель

На автореферат диссертации поступило 6 отзывов, все они положительные. Согласны ли члены Совета заслушать обзор отзывов или зачитать их полный текст?

Слово для обзора отзывов, поступивших на диссертацию, предоставляется **Ученому секретарю Совета**.

Ученый секретарь зачитывает обзор отзывов.

(Отзывы прилагаются).

1. ФГБОУ ВПО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ» (г. Казань)

Отзыв подписан заведующим кафедрой «Приборы и информационно-измерительные системы», д.т.н., профессором, заслуженным работником высшей школы РФ, заслуженным изобретателем РТ **Солдаткиным Владимиром Михайловичем**.

Замечания:

- сформулированная цель диссертационной работы по «развитию методов проектирования систем ИМА и разработке моделей и алгоритмов...» представляет собой научную задачу исследования, а цель – обеспечение требуемых показателей надежности КБО при отказах аппаратных и программных средств в реальных условиях эксплуатации авиационной техники;

- не указывается доверительная вероятность количественных оценок, приведенных на рисунке 7 (стр. 17);

- не раскрывается и не приводится ссылка на используемую методику расчета вероятности отказов КБО и системы ИМА (стр. 19).

2. АО «ОКБ «Электроавтоматика» (г. Санкт-Петербург)

Отзыв подписан руководителем учебно-научного центра – ученым секретарем научно-технического совета, д.т.н., доцентом **Жариновым Игорем Олеговичем** и утвержден первым заместителем генерального директора, к.т.н. **Шукаловым Анатолием Владимировичем**.

Замечания:

- из текста автореферата не следует, какие возникают в мультивычислителе ИМА «накладные расходы», снижающие общую производительность системы, за счет внедрения в изделие предложенных автором алгоритмов диспетчеризации;

- из текста автореферата не следует, какие виды состояний коллизии (в частности, когда диспетчер может принять решение о назначении задачи на еще занятый ресурс) позволяют парировать предложенные алгоритмы.

3. АО «Всероссийский научно-исследовательский институт радиоаппаратуры» (АО «ВНИИРА», г. Санкт-Петербург)

Отзыв подписан начальником исследовательского сектора, д.т.н., профессором **Вельмисовым Игорем Анатольевичем** и начальником НТЦ «Навигация и посадка», к.т.н. **Ершовым Германом Анатольевичем**.

Замечания:

- нечеткое описание предложенного автором алгоритма размещения приложений по критерию минимума загрузки сети передачи данных;

- по материалам автореферата недостаточно обоснована возможность применения предложенного автором алгоритма распределения по критерию минимума загрузки сети передачи данных на ранних стадиях проектирования системы;

- из автореферата не ясно, для каких нерезервированных элементов сосредоточение вычислительных мощностей в высоконадежном реконфигурирующемся крейте позволит уменьшить показатель суммарной интенсивности отказов.

4. ФНПЦ АО «НПО «Марс» (г. Ульяновск)

Отзыв подписан первым заместителем генерального директора по науке - начальником КНИО-2, к.т.н. **Павлыгиным Эдуардом Дмитриевичем**.

Замечания:

- на стр. 8 автореферата в системе уравнений для множеств конфигураций КБО S_S , S_H , S_T , отмечается, что S_1 - набор исправных модулей, S_k - набор отказавших модулей, а пояснение смысла символов S_2, \dots, S_{k-1} (предшествует символу S_k) не приведено;

- упомянутую систему уравнений на стр. 8 довольно сложно сопоставить с рисунком 1, поясняющим данную систему уравнений и приведенным на стр. 9.

5. ФГАОУ ВО «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева» (г. Самара)

Отзыв подписан заведующим кафедрой электротехники, д.т.н., профессором **Гречишниковым Владимиром Михайловичем**.

Замечания:

- из текста автореферата не ясно, проводится ли реконфигурация системы при отказе функций и соответствующих аппаратных модулей с уровнями критичности k_3 , k_4 , k_5 , а также не показано, как такая реконфигурация повлияет на распределение функций с уровнями критичности k_1 и k_2 ;

- из текста автореферата не ясно, каким образом осуществляется процесс реконфигурации (т.е. реализация предложенных алгоритмов) непосредственно в полете, и какие дополнительные ресурсы системы для этого используются.

6. Чистопольский филиал «Восток» ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ» (г. Чистополь)

Отзыв подписан профессором кафедры приборостроения, к.т.н., доцентом **Прохоровым Сергеем Григорьевичем** и утвержден директором филиала, к.т.н., доцентом **Чехонадских Алексеем Ивановичем**.

Замечания:

- в автореферате не описана методика определения конфигурации системы ИМА;
- в автореферате не приведено определение таблицы реконфигурации, которая упоминается в блок-схемах разработанных алгоритмов.

Председатель

Слово для ответа на замечания по заключению и отзывам предоставляется соискателю.

Соискатель

Что касается распределения по минимуму загрузки сети передачи данных, то с математической точки зрения замечание абсолютно справедливо. Однако для решения данной задачи поиск абсолютного минимума был признан нецелесообразным, а в качестве относительно оптимального критерия было выбрано условие сокращения количества передаваемых данных по сети. Что касается модулей, то все они представляют собой базовые вычислительные модули, отказ которых равновероятен.

Что касается критерия распределения, то этот критерий задается в процессе разработки. Кроме загрузки сети передачи данных был рассмотрен критерий максимума загрузки процессора вычислительного модуля, однако в этом случае получалась система со слишком малой размерностью, которая предоставляла недостаточное количество аппаратных резервов и тем самым ограничивала реконфигурацию.

С остальными замечаниями я согласен и учту их в последующей работе.

Председатель

Хорошо, спасибо. Слово для отзыва предоставляется официальному оппоненту - **д.т.н. Махитько Вячеславу Петровичу**.

Официальный оппонент, д.т.н. Махитько Вячеслав Петрович

Добрый день, уважаемые члены диссертационного совета. Мне сегодня приятно пребывать в моем родном политехе, который я тоже закончил в 1968 году. Что касается непосредственно отзыва и той работы, о которой идет речь, то я должен сказать, что хотя мы и техники, технологи, обращаем внимание на любые вопросы, связанные с оборудованием на летательных аппаратах, тем не менее, в эксплуатации в большинстве своем, как вы знаете, более 80% играет роль человеческий фактор. Но в любом случае, проблемы технического оснащения всегда должны быть на острие наших исследований, и должны решаться те задачи, которые могут возникнуть. Что касается работы, которая представлена к защите, я должен сказать, что научная цен-

ность работы заключается в том, что автор предлагает рассматривать состав и структуру программных и аппаратных компонентов с учетом архитектур и особенностей реализации их взаимодействия. Алгоритмы, которые представлены на уровне аппаратных ресурсов, программного обеспечения, функциональной конфигурации, они также имеют большое значение в связи с тем, что в целом они интегрированы и по каждому из этих алгоритмов дана соответствующая оценка. Поэтому они играют достаточно высокую роль, главную роль в поддержке работоспособности комплексов бортового оборудования, особенно на уровне летной годности самих воздушных судов. В то же время я хотел отметить некоторые замечания по диссертационной работе, в том числе следующие:

- в работе не отражены меры по обеспечению защиты программного обеспечения КБО от угроз для безопасности информации, связанных с нарушением целостности программного обеспечения при использовании его пользователем, проведения фазинг-тестирования с целью выявления уязвимостей программы;

- при оценке уровня надежности (страница 118 работы) не в полной мере раскрыт достигаемый уровень надежности его функциональных систем, что имеет особую важность для оценки рисков на этапе его эксплуатации;

- для обеспечения системной связи разработчика, изготовителя, эксплуатанта и принятия оптимальных организационных, технических и технологических решений было бы целесообразно рассмотреть вопросы, связанные с безопасностью конструктивных решений бортового оборудования, обеспечения работоспособности, защиты, допустимости повреждения элементов аппаратной части конструкции бортового оборудования.

Тем не менее, цели, поставленные в диссертационных исследованиях, достигнуты, поскольку вносят значительный вклад в ускорение технического прогресса в области авиационного приборостроения. Диссертационная работа автора, представленная на суд Совета, соответствует требованиям, предъявляемым ВАК по специальности 05.13.05, а ее автор заслуживает степени кандидата технических наук.

(Отзыв прилагается).

Председатель

Спасибо, Вячеслав Петрович. Соискателю предоставляется слово для ответа на замечания оппонента.

Соискатель

Что касается тестирования программного обеспечения, в том числе и фазинг-тестирования, предполагается, что оно производится на этапе разработки в соответствии со стандартами, и предполагается, что все программные приложения прошли эту сертификацию и используются в разработке. Что касается нарушения целостности программного обеспечения, то данный фактор также проверяется в процессе разработки путем проведения типовых испытаний, эквивалентно-циклических испытаний и так далее, на соответствие заданным требованиям. Вмешательство персонала исключено, поскольку он не имеет физического доступа к разъему для программирования, и повредить программное

обеспечение он не сможет. В противном случае гарантия на изделие будет снята.

Что касается уровня надежности функциональных систем, представленных в расчетах, то они брались, как я уже говорил, из соответствующих расчетов надежности, которые проводились в соответствии с ГОСТ, и дополнялись расчетом для реконфигурирующегося крейта.

Что касается взаимодействия разработчика, изготовителя и эксплуатанта системы, то я также считаю, что этот вопрос очень важен, но он достаточно широкий, поэтому я рассмотрю его в дальнейшей работе над темой диссертации.

Председатель

Слово для отзыва предоставляется официальному оппоненту - **к.т.н. Чекал Елене Георгиевне.**

Официальный оппонент, к.т.н. Чекал Елена Георгиевна

Уважаемые члены диссертационного совета, я поддерживаю высказанные замечания Вячеславом Петровичем, но хочу добавить, что в целом у меня сложилось хорошее впечатление после изучения диссертационной работы. Мне понравилось очень тщательное обоснование и анализ предыдущих решений и выбора тех или иных алгоритмов. Соискатель проводил анализ применимости того или иного алгоритма, и предложил свой. Надо сказать, что мы заслушали его на заседании кафедры «Телекоммуникационных технологий и сетей», и в целом сложилось положительное мнение. Вместе с тем есть несколько замечаний, на часть из которых соискатель ответил. Были неточности у него в формулировках. И замечания вот какого плана:

- по поводу того, что у него неоптимальное решение, он уже сказал;

- еще в работе он говорит, что можно удовлетворить наперед заданные требования по надежности. У него итерационный процесс в алгоритме заложен, в результате которого выбирается та или иная конфигурация. Автор утверждает, что он достигает наперед заданное значение, но я считаю, что это не совсем обосновано.

Еще я хочу сказать, что эта работа очень нужная и имеет практическую значимость. Я долгое время работала в НПО «Марс», у нас стояла аналогичная проблема, реконфигурация, но до уровня крейта у нас, который назывался корзиной, наша диагностическая система не доходила. И единственное, что мы могли сделать - это реконфигурацию программного обеспечения автоматизированных рабочих мест. Это чуть более высокий уровень. Я считаю, что этот подход надо применить и для надводных судов, это будет очень полезно, тем более что это направление унификации элементной базы, которое тоже очень важно.

Я считаю, что работа удовлетворяет всем требованиям ВАК по данной специальности, а соискатель заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук.

(Отзыв прилагается).

Председатель

Слово для ответа на замечания оппонента предоставляется соискателю.

Соискатель

Что касается наперед заданного уровня надежности, то разработчику системы в техническом задании задан так называемый бюджет вероятностей, который он распределяет по подсистемам. И после разработки, после реализации технического проекта осуществляется предварительная оценка безопасности, которая показывает, достигнут ли требуемый уровень отказобезопасности. И если этот параметр больше заданного, то система сертифицируется, и ее жизненный цикл продолжается. Если нет, то система отправляется на доработку, где она дополнительно резервируется или подвергается еще каким-то способам повышения отказобезопасности с последующим повторным проведением соответствующей оценки.

Председатель

Кто хочет выступить по существу данной работы?

д.т.н., профессор Васильев К.К.

Мне кажется совершенно ясным такой недостаток, который проявился в работе. Это невыкристиализованная эффективность. То есть эффективность, которая была подсчитана, должна была насторожить. Сначала на 4 порядка, потом в 15 раз, потом еще что-то. Дело в том, что если мы поставим каждому датчику еще по три и не будем ничего реконфигурировать, а просто будем параллельно их использовать. И если у какого-то датчика показания начинают отличаться, то мы его выключаем. И вообще ничего не надо, кроме вот такой простой, понятной схемы. Я думаю, что она будет очень хорошо работать. И выигрыш у этой системы с тремя или четырьмя датчиками, наверное, будет не сильно большой. Датчики датчиками, но существует еще одна возможность, о которой Алексей Робертович как раз и говорил, что можно реконфигурировать вычислительные процессы, можно передавать вычисления различным процессорам различным образом. Вот эту изюминку надо было вытащить, сколько же дает именно этот подход, который защищается сегодня в диссертации, по отношению к надежности всего комплекса. Я думаю, что, наверное, там тоже будет приличный выигрыш, в 3, в 10 раз по времени безотказной работы. Это надо было вытащить. То, что этот выигрыш существует – это очевидно. То, что подход сам по себе рационален и правилен, что модель в виде графа также дает пользу – все это очевидно. Поэтому если иметь в виду, что выигрыш-то существует, но не до конца подсчитан, то все остальное, в общем-то, выглядит очень хорошо. Самое главное, что Алексей Робертович работает на предприятии, где и делают эту аппаратуру. А когда у нас производители самолетов и вертолетов и других летательных аппаратов еще и имеют хорошее образование, то это всегда успокаивает при полете. Поэтому я считаю, что в целом диссертация неплохая.

д.т.н., доцент Негода В.Н.

Вот я про время-то спрашивал не случайно. Дело вот в том, что когда мы реконфигурировали, то это значило, что у нас в алгоритме и в программе появляются другие адреса, другие порты, и традиционно у нас в контроллере программа построена так, что сначала идет фаза инициализации. А что такое реконфигурация? Это мы ее должны в микроконтроллере прошить, и эта функция инерционная, вот эта EEPROM. Если мы в цикле управления или мониторинга будем отслеживать, было ли реконфигурирование или нет, на тот порт отправлять или на этот, то у нас появляется очень ненадежная программа сама по себе. То есть мы запутаемся. Поэтому что делают? Делают то же, что и при watchdog, когда зависшая система сама перезагружается. В паспортах контроллеров мы можем увидеть это время для watchdog. И оно обычно колеблется от сотен микросекунд в хороших системах до сотен миллисекунд или даже секунд. То есть я хочу сказать, что на самом деле это перезагрузка, и в фазе инициализации надежный код. Получается, что само время реконфигурации в условиях ограничения реального времени то ли на цикл мониторинга управления, то ли на время реакции на событие, становится очень болезненным. То, что он мне ответил, не противоречиво. Уровень общности его модели не противоречит той беде, про которую я рассказываю. Но мне казалось, что это отдельно должно быть вынесено, но не как общее решение в одном неравенстве, а отдельно, на мой взгляд. Но в целом это очень добротная работа. Несколько раз приходилось смотреть работы на эту тему, которая всегда будет актуальна. Ведь новые условия порождают новые решения. А вот представленные здесь распределенность управления и особенно гетерогенность порождают совершенно новые условия, и такая работа, я считаю, добротная.

д.т.н., профессор Крашенинников В.Р.

В целом у меня тоже сложилось хорошее впечатление о работе. Идея, которая здесь использована, здравая. Но у меня, как и у Константина Константиновича, есть некоторая неудовлетворенность расчетными данными надежности и так далее. Та система, которая рассчитывает эту надежность, что-то в ней заложено такое, что неисправности, их набор, уже заранее определены. И когда они возникают, то считается, что они могут быть устранены. Так вот, я не зря спрашивал на счет моделирования. Наверное обстановка бы прояснилась, если бы было произведено моделирование с запуском потоков отказов. И могли бы появляться такие конфигурации, которые у вас не предусмотрены. И тогда, может быть, вот этот показатель надежности был бы более реальным. Но, тем не менее, я думаю, что соискатель может это проделать, я в этом не сомневаюсь. И мы рассматриваем диссертацию как квалификационную работу, и его квалификация у меня сомнений не вызывает, и он заслуживает искомую степень.

д.т.н., Макаров Н.Н.

К слову о практической ценности работы. Может быть, соискатель не совсем четко ответил на вопрос о резервировании датчиков. В данном случае не происходит никакого увеличения количества датчиков. Они всегда резервировались на критических функциях двукратно,

трехкратно. Но за счет чего возникает эффект? За счет того, что раньше система датчиков имела свой вычислительный ресурс, функциональная система, решающая определенную функциональную задачу, имела свой вычислительный ресурс, исполнительная система имела свой вычислительный ресурс. Сегодня это все централизуется в крейте, в этой самой системе интегрированной модульной авионики. Вот за счет чего возникает эффект. Кроме надежности еще весовой коэффициент и энергопотребление.

д.т.н., профессор Васильев К.К.

Он сказал, что дополнительный датчик ставится.

д.т.н., Макаров Н.Н.

Просто нечетко он ответил на ваш вопрос.

д.т.н., профессор Васильев К.К.

Четко ответил. Еще один датчик.

д.т.н., Макаров Н.Н.

Тем не менее, это так. Я хочу сказать, что Алексей Робертович выполняет реальную работу в процессе разработки интегрированной модульной авионики в АО «УКБП» для самолета МС-21. И надеюсь, что в первом квартале или чуть позже мы станем свидетелями его первого полета. Кроме того, эта работа выполняется с участием зарубежным партнерами с привлечением лучшего международного опыта.

д.т.н., доцент Сергеев В.А.

Мне тоже не хватало в этой работе, которую я слушаю уже не первый раз, описания реальных состояний системы, с которыми сталкиваются эксплуатанты. На самом деле поток отказов, о котором здесь говорили, и принятие решения о реконфигурации, происходят в реальном масштабе времени. И можно рассматривать несколько ситуаций, когда отказы идут случайным образом в модулях, тогда они одновременно, как правило, не отказывают, либо они отказывают при внешнем воздействии. Эти вопросы возникали, что если вдруг какое-то внешнее воздействие происходит, что все модули могут посыпаться одновременно. Но если поток отказов случайный, то получается, что отказы модулей идут последовательно, и после каждого надо принимать решение о реконфигурации. То есть система постоянно будет в дежурном режиме следить за ситуацией с модулями и находиться в динамике. И вот затрат на эту динамику я не увидел в докладе, и хорошо бы было это проиллюстрировать на реальных примерах. Но если исходить из принципа, что нельзя критиковать за то, чего нет, а критиковать за то, что есть, то мы уже отмечали и в своем отзыве, что критерий оптимальности выбран простой. Наверное, можно поварьировать критериями оптимальности. Критерий понятен, но он один. Но я считаю, что соискатель вполне может это сделать в развитии своей работы, потому что тут можно много придумывать всяких комбинаций и критериев оптимальности, в том числе и по количеству резервируемых

элементов и так далее. Я считаю, что у него очень хороший потенциал, очень хороший задел. К сожалению, такие системы на реальных бортах не быстро появятся, но, тем не менее, мы уже должны двигаться в этом направлении.

Председатель

Кто еще хочет выступить? Нет желающих?

Соискателю предоставляется заключительное слово.

Соискатель

Благодаря критическому обсуждению моей диссертационной работы в процессе защиты мне удалось более полно понять ее сильные и слабые стороны, и я обещаю учесть их в своей будущей работе. Благодарю диссертационный Совет за проявленный интерес к моей работе. Спасибо.

Председатель

Переходим к голосованию. Какие будут предложения по составу счетной комиссии? Поступили предложения включить в состав счетной комиссии Сергеева В.А., Крашенинникова В.Р., Дьякова И.Ф.

Прошу голосовать. Возражений нет.

Председатель

Прошу счетную комиссию приступить к работе.

(Счетная комиссия организует тайное голосование.)

Председатель

Коллеги! Продолжаем нашу работу. Слово предоставляется председателю счетной комиссии Сергееву В.А.

Оглашается протокол счетной комиссии.
(Протокол счетной комиссии прилагается).

Кто против? (Нет).

Кто воздержался? (Нет).

Протокол счетной комиссии утверждается.

Таким образом, на основании результатов тайного голосования (за - 16 , против - 0 , недействительных бюллетеней - 0) диссертационный совет Д212.277.01 при Ульяновском государственном техническом университете признает, что диссертация **Дегтярева А.Р.** содержит новые решения по разработке моделей и алгоритмов управления конфигурацией систем интегрированной модульной авионики, соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям

(п.9 "Положения" ВАК), и присуждает **Дегтяреву Алексею Робертовичу** ученую степень кандидата технических наук по специальности **05.13.05**.

Председатель

У членов Совета имеется проект заключения по диссертации **Дегтярева А.Р.** Есть предложение принять его за основу. Нет возражений? (Нет). Принимается.

Какие будут замечания, дополнения к проекту заключения?

(Обсуждение проекта).

Председатель

Есть предложение принять заключение в целом с учетом редакционных замечаний. Нет возражений? Принимается единогласно.

Заключение объявляется соискателю.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д212.277.01 НА БАЗЕ
Федерального государственного бюджетного образовательного
учреждения высшего образования «Ульяновский государственный
технический университет» по диссертации
НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК
аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 21.12.2016 № 11

О присуждении Дегтяреву Алексею Робертовичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Модели и алгоритмы управления конфигурацией систем интегрированной модульной авионики» на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.05 – «Элементы и устройства вычислительной техники и систем управления» принята к защите 17 октября 2016 года, протокол № 8, диссертационным советом Д212.277.01 на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Ульяновский государственный технический университет» Министерства образования и науки Российской Федерации, 432027, Российская Федерация, г. Ульяновск, ул. Северный Венец, дом 32, приказ № 847-в от 08 декабря 2000 года.

Соискатель Дегтярев Алексей Робертович 1990 года рождения. В 2012 году соискатель окончил ФГБОУ ВПО «Ульяновский государственный технический университет». В 2016 году окончил очную аспирантуру в ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный технический университет». С 2012 года работает инженером в АО «Ульяновское конструкторское бюро приборостроения», входящем в структуру АО «Концерн Радиоэлектронные технологии» госкорпорации «Ростех».

Диссертация выполнена в ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный технический университет» Министерства образования и науки Российской Федерации на кафедре «Измерительно-вычислительные комплексы».

Научный руководитель – доктор технических наук, Киселев Сергей Константинович, ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный технический

университет», кафедра «Измерительно-вычислительные комплексы», доцент, заведующий кафедрой.

Официальные оппоненты:

Махитко Вячеслав Петрович, доктор технических наук, ФГБОУ ВО «Ульяновский институт гражданской авиации имени главного маршала авиации Б.П. Бугаева», кафедра «Управление и экономика на воздушном транспорте», доцент, заведующий кафедрой;

Чекал Елена Георгиевна – кандидат технических наук, ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный университет», кафедра «Телекоммуникационные технологии и сети», доцент,

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Ульяновский филиал Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова Российской академии наук, г. Ульяновск. В своем положительном заключении, составленном и подписанном Соломиным Борисом Александровичем, кандидатом технических наук, ведущим научным сотрудником УФИРЭ им. В.А. Котельникова РАН, и утвержденном Сергеевым Вячеславом Андреевичем, доктором технических наук, директором УФИРЭ им. В.А. Котельникова РАН, указала, что диссертационная работа Дегтярева Алексея Робертовича представляет собой законченное научное исследование, выполненное на высоком научном уровне и содержащее научно обоснованные технические разработки и предложения по проектированию комплексов бортового оборудования ИМА с повышенными показателями безотказности. По объему и научному уровню полученных результатов диссертационная работа отвечает требованиям, предъявляемым ВАК к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.05 – «Элементы и устройства вычислительной техники и систем управления».

Соискатель имеет 14 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации 14 работ, включая 4 работы, опубликованные в рецензируемых научных изданиях. Общий объем работ: 7,81 п. л. Работы выполнены в виде статей в соавторстве с научным руководителем при решающем вкладе соискателя. Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Дегтярев А.Р., Медведев Г.В. Алгоритм распределения задач в многопроцессорных комплексах интегрированной модульной авионики // Автоматизация процессов управления. – 2014. – Т. 35. – № 1. – С. 79–84.

2. Дегтярев А.Р., Киселев С.К. Смешанная реконфигурация в многопроцессорных комплексах интегрированной модульной авионики // Электротехнические и информационные комплексы и системы. – 2015. – Т. 11. – № 3. – С. 5–11.

3. Дегтярев А.Р., Киселев С.К. Надежность реконфигурирующихся комплексов интегрированной модульной авионики // Автоматизация процессов управления. – 2016. – Т. 43. – № 1. – С. 25–30.

4. Дегтярев А.Р., Киселев С.К. Отказоустойчивые реконфигурирующиеся комплексы интегрированной модульной авионики // Электротехнические и информационные комплексы и системы. – 2016. – Т. 12. – № 1. – С. 89–99.

На диссертацию и автореферат поступили 6 отзывов:

1. **ФГБОУ ВПО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ» (г. Казань).** Отзыв подпи-

сан заведующим кафедрой «Приборы и информационно-измерительные системы», д.т.н., профессором, заслуженным работником высшей школы РФ, заслуженным изобретателем РТ Солдаткиным Владимиром Михайловичем. Отзыв положительный и содержит следующие замечания: 1) сформулированная цель диссертационной работы по «развитию методов проектирования систем ИМА и разработке моделей и алгоритмов...» представляет собой научную задачу исследования, а цель – обеспечение требуемых показателей надежности КБО при отказах аппаратных и программных средств в реальных условиях эксплуатации авиационной техники; 2) не указывается доверительная вероятность количественных оценок, приведенных на рисунке 7 (стр. 17); 3) не раскрывается и не приводится ссылка на используемую методику расчета вероятности отказов КБО и системы ИМА (стр. 19).

2. АО «ОКБ «Электроавтоматика» (г. Санкт-Петербург). Отзыв подписан руководителем учебно-научного центра – ученым секретарем научно-технического совета, д.т.н., доцентом Жариновым Игорем Олеговичем и утвержден первым заместителем генерального директора, к.т.н. Шукаловым Анатолием Владимировичем. Отзыв положительный и содержит следующие замечания: 1) из текста автореферата не следует, какие возникают в мультивычислителе ИМА «накладные расходы», снижающие общую производительность системы, за счет внедрения в изделие предложенных автором алгоритмов диспетчеризации; 2) из текста автореферата не следует, какие виды состояний коллизии (в частности, когда диспетчер может принять решение о назначении задачи на еще занятый ресурс) позволяют парировать предложенные алгоритмы.

3. АО «Всероссийский научно-исследовательский институт радиоаппаратуры» (АО «ВНИИРА», г. Санкт-Петербург). Отзыв подписан начальником исследовательского сектора, д.т.н., профессором Вельмисовым Игорем Анатольевичем и начальником НТЦ «Навигация и посадка», к.т.н. Ершовым Германом Анатольевичем. Отзыв положительный и содержит следующие замечания: 1) нечеткое описание предложенного автором алгоритма размещения приложений по критерию минимума загрузки сети передачи данных; 2) по материалам автореферата недостаточно обоснована возможность применения предложенного автором алгоритма распределения по критерию минимума загрузки сети передачи данных на ранних стадиях проектирования системы; 3) из автореферата не ясно, для каких нерезервированных элементов сосредоточение вычислительных мощностей в высоконадежном реконфигурирующемся крейте позволит уменьшить показатель суммарной интенсивности отказов.

4. ФНПЦ АО «НПО «Марс» (г. Ульяновск). Отзыв подписан первым заместителем генерального директора по науке – начальником КНИО-2, к.т.н. Павлыгиным Эдуардом Дмитриевичем. Отзыв положительный и содержит следующие замечания: 1) На стр. 8 автореферата в системе уравнений для множеств конфигураций КБО C_S , C_H , C_T , отмечается, что S_1 – набор исправных модулей, S_k – набор отказавших модулей, а пояснение смысла символов S_2, \dots, S_{k-1} (предшествует символу S_k) не приведено; 2) упомянутую систему уравнений на стр. 8 довольно сложно сопоставить с рисунком 1, поясняющим данную систему уравнений и приведенным на стр. 9.

5. ФГАОУ ВО «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева» (г. Самара). Отзыв подписан заведующим кафедрой электротехники, д.т.н., профессором Гречишником

вым Владимиром Михайловичем. Отзыв положительный и содержит следующие замечания: 1) из текста автореферата не ясно, проводится ли реконфигурация системы при отказе функций и соответствующих аппаратных модулей с уровнями критичности k_3 , k_4 , k_5 , а также не показано, как такая реконфигурация повлияет на распределение функций с уровнями критичности k_1 и k_2 ; 2) из текста автореферата не ясно, каким образом осуществляется процесс реконфигурации (т.е. реализация предложенных алгоритмов) непосредственно в полете, и какие дополнительные ресурсы системы для этого используются.

6. Чистопольский филиал «Восток» ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ» (г. Чистополь). Отзыв подписан профессором кафедры приборостроения, к.т.н., доцентом Прохоровым Сергеем Григорьевичем и утвержден директором филиала, к.т.н., доцентом Чехонадских Алексеем Ивановичем. Отзыв положительный и содержит следующие замечания: 1) в автореферате не описана методика определения конфигурации системы ИМА; 2) в автореферате не приведено определение таблицы реконфигурации, которая упоминается в блок-схемах разработанных алгоритмов.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их компетентностью в области исследования по теме диссертации, подтверждаемой публикациями по теме диссертации в рецензируемых научных изданиях, а также способностью определить научную и практическую ценность работы.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработана единая математическая модель, объединяющая аппаратную и программную составляющие системы ИМА, отличающаяся тем, что в ней учитываются ключевые параметры, связи, особенности аппаратной и программной архитектур, что позволяет использовать ее для разработки алгоритмов управления конфигурацией систем ИМА с обеспечением повышенного уровня отказобезопасности;

разработаны алгоритм определения базовой конфигурации системы ИМА на основе заданного критерия распределения с учетом критичности функциональных приложений и требуемого уровня гарантии конструирования аппаратуры, а также соответствующие алгоритмы динамической реконфигурации системы ИМА, позволяющие обеспечивать требуемый уровень отказобезопасности при различных условиях ее функционирования;

предложено осуществлять управление конфигурацией системы ИМА путем переключения между ее состояниями, которые определены уже на этапе разработки, так как этого требуют авиационные стандарты на проектирование и сертификацию;

показана целесообразность и перспективность использования результатов диссертационной работы при проектировании систем ИМА и последующей их сертификации на соответствие авиационным стандартам.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказана необходимость проектирования систем ИМА с учетом связей между программной и аппаратной архитектурами;

применительно к проблематике диссертации результативно использован системный подход при проведении исследований, а также теория графов, на основе которой разработана математическая модель и алгоритмы реконфигурации;

изложена идея проведения динамического управления конфигурацией систем ИМА в процессе функционирования с заранее определенными при разработке конечными состояниями;

создана модель, позволяющая эффективно исследовать системы ИМА с последующим формированием проектных решений;

проведена модернизация распределенной системы ИМА и ее реализация на основе реконфигурирующегося вычислителя.

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

разработаны алгоритмы определения базовой конфигурации и динамической реконфигурации систем ИМА, которые **внедрены** в разработку платформы ИМА, что подтверждается соответствующим актом о внедрении;

разработана методика определения конфигурации системы ИМА, основанная на разработанных моделях и алгоритмах управления конфигурацией, обеспечивающая требуемые показатели отказобезопасности на этапе проектирования в соответствии с современными авиационными стандартами;

представлены рекомендации по дальнейшему совершенствованию процесса разработки систем ИМА.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ показана воспроизводимость результатов исследования в различных условиях функционирования системы ИМА;

теория построена на известных, проверяемых данных и согласуется с опубликованными экспериментальными данными по теме диссертации;

идея базируется на анализе практики и обобщения передового опыта проектирования систем ИМА на ведущих предприятиях авиационной отрасли;

использованы труды отечественных и зарубежных ученых в таких областях как распределение ресурсов в многопроцессорных комплексах, реконфигурация многопроцессорных систем, исследование графовых моделей и алгоритмов решения типовых задач на графах;

использованы современные методики сбора и обработки информации.

Личный вклад соискателя состоит в его непосредственном участии на всех этапах выполнения исследования, включая разработку математической модели и алгоритмов определения базовой конфигурации и динамической реконфигурации систем ИМА, получение результатов, их апробацию на всероссийских конференциях, а также подготовку публикаций по выполненной работе.

На заседании 21.12.2016 диссертационный совет принял решение присудить Дегтяреву А.Р. ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 16 человек, из них 5 докторов наук по специальности 05.13.05 – «Элементы и устройства вычислительной техники и систем управления», участвовавших в заседании, из 21 человека, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за 16, против 0, недействительных бюллетеней 0.

Защита окончена. Есть ли замечания по процедуре защиты? (Нет).

Поздравляет соискателя с успешной защитой. Благодарит членов совета и всех участников за внимание.

Заседание объявляется закрытым.

Председатель Совета Д212.2.7
профессор

Ученый секретарь Совета Д212.2.7
профессор



Н.Г.Ярушкина

В.И.Смирнов