

ЗАСЕДАНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д212.277.01

Повестка дня:

Защита диссертации **Хакимовым Дмитрием Валерьевичем**
на соискание ученой степени кандидата технических наук:

**"Автоматизация проектирования структуры функций комплексов
бортового оборудования, построенных на принципах интегральной
модульной авионики"**

Специальность:

**05.13.12 "Системы автоматизации проектирования"
(промышленность) .**

Официальные оппоненты:

**Смагин Алексей Аркадьевич, доктор технических наук,
профессор, заведующий кафедрой
«Телекоммуникационные технологии и
сети» ФГБОУ ВО «Ульяновский
государственный университет»**

**Камалов Леонид Евгеньевич, кандидат технических наук,
специалист по комплексным ИТ-
решениям ООО «Региональный центр
АСКОН-Волга», г. Ульяновск**

**Ведущая организация - Федеральный научно-производственный
центр АО "Научно-производственное
объединение "Марс", г. Ульяновск**

ЗАСЕДАНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.277.01

от 11 апреля 2018 года

на заседании присутствовали члены Совета:

- | | | | | |
|-----|---|----------------------|----------|---------------------|
| 1. | Ярушкина Н.Г.,
председатель Сове-
та | д.т.н.,
профессор | 05.13.12 | - технические науки |
| 2. | Киселев С.К. зам.
председателя Сове-
та | 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. | Афанасьев А.Н. | д.т.н.,
профессор | 05.13.12 | - технические науки |
| 5. | Афанасьева Т.В. | д.т.н.,
доцент | 05.13.12 | - технические науки |
| 6. | Васильев К.К. | д.т.н.,
профессор | 05.13.05 | - технические науки |
| 7. | Дьяков И.Ф. | д.т.н.,
профессор | 05.13.12 | - технические науки |
| 8. | Егоров Ю.П. | д.т.н.,
профессор | 05.13.12 | - технические науки |
| 9. | Иванов О.В. | д.ф.-м.н. | 05.11.01 | - технические науки |
| 10. | Крашенинников В.Р. | д.т.н.,
профессор | 05.13.05 | - технические науки |
| 11. | Клячкин В.Н. | д.т.н.,
профессор | 05.11.01 | - технические науки |
| 12. | Негода В.Н. | д.т.н.,
доцент | 05.13.05 | - технические науки |
| 13. | Сергеев В.А. | д.т.н.,
доцент | 05.11.01 | - технические науки |
| 14. | Ташлинский А.Г. | д.т.н.,
профессор | 05.13.05 | - технические науки |

Председатель Совета,
д.т.н., профессор

Н.Г. Ярушкина

Ученый секретарь Совета,
д.т.н., профессор

В.И. Смирнов



Председатель

Уважаемые коллеги!

На заседании диссертационного Совета Д212.277.01 из **21** члена Совета присутствуют 14 человек. Необходимый кворум имеем.

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

По специальности защищаемой диссертации **05.13.12 "Системы автоматизации проектирования" (промышленность)** (технические науки) на заседании присутствуют 5 докторов наук.

Наше заседание правомочно.

Председатель

Объявляется защита диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук **Хакимовым Дмитрием Валерьевичем** по теме: "Автоматизация проектирования структуры функций комплексов бортового оборудования, построенных на принципах интегральной модульной авионики.

Работа выполнена в Ульяновском государственном техническом университете.

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

Официальные оппоненты:

Смагин Алексей Аркадьевич - доктор технических наук,
профессор, заведующий кафедрой
«Телекоммуникационные технологии и
сети» ФГБОУ ВО «Ульяновский
государственный университет»

Камалов Леонид Евгеньевич - кандидат технических наук,
специалист по комплексным ИТ-
решениям ООО «Региональный центр
АСКОН-Волга», г. Ульяновск

Присутствуют оба оппонента.

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

Ведущая организация - **Федеральный научно-производственный центр АО "Научно-производственное объединение «Марс», г.Ульяновск.**

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 **Хакимовым Дмитрием Валерьевичем** представлены в Совет все необходимые документы для защиты кандидатской диссертации (зачитывает):

- заявление соискателя;
- копия диплома о высшем образовании (заверенная);
- справка об обучении в аспирантуре;
- 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 **Хакимовым Д.В.** в 10 научных работах, в т. ч. в **трех статьях в изданиях из перечня ВАК**. Соискатель представлен к защите **28.12.2017 г.** (протокол №11). Объявление о защите размещено на сайте ВАК РФ **11.01.2018 г.**

Дата защиты была перенесена решением диссертационного совета 28.02.2018 г. (протокол №2) с 14.03.2018 г. на 11.04.2018 г. в связи со сменой ведущей организации. Объявление об изменении даты защиты размещено на сайте УЛГТУ 01.03.2018 г. Уведомлены об изменении даты защиты члены диссертационного совета, адресаты по списку рассылки диссертации и автореферата диссертации.

Вся необходимая информация по соискателю внесена в ЕГИСМ.

Председатель

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

Есть ли вопросы к **Хакимову Д.В.** по личному делу? (Нет).

Дмитрий Валерьевич, Вам предоставляется слово для изложения основных положений Вашей диссертационной работы.

Соискатель

Здравствуйте уважаемые члены совета. Представляю вам свою работу на тему «Автоматизация проектирования структуры функций комплексов бортового оборудования, построенных на принципах интегральной модульной авионики».

На сегодняшний день актуальность изучения вопросов интегральной модульной авионики обусловлена их неоспоримыми преимуществами и перспективами дальнейшего развития. Так же интерес к этой тематике поддерживается и действующими государственными программами Российской Федерации, в рамках которых АР МАК ввел в действие три документа – руководство Р-297, руководство Р-4761 и Р-4754.

В процессе исторического развития комплексов бортового оборудования сформировалось три основных типа архитектуры.

Комплексы, построенные на основе независимой архитектуры, представляют из себя совокупность систем каждая из которых включает в себя датчики, вычислители, органы управления и индикаторы.

Комплексы, построенные на основе федеративной архитектуры, также представляют из себя совокупность систем. Однако здесь системы объединены между собой локальной сетью передачи данных, что позволило сделать датчики, органы управления и индикаторы общедоступными ресурсом.

Интегрально модульная архитектура, позволила сделать общедоступным ресурсом не только датчики, пульта и индикаторы, но и вычислительные ресурсы комплекса.

Общность ресурсов комплекса ИМА обусловила основные принципы проектирования таких комплексов, это: независимость программного и аппаратного обеспечения, открытая архитектура и модульный состав крейта, базирующийся на применении универсальных вычислительных модулей, поддерживающих многозадачный режим эксплуатации.

Однако, несмотря на все преимущества данных комплексов и имеющийся опыт их разработок задача проектирования данных комплексов решена на сегодняшний день не полноценно. Многие преимущества комплексов ИМА сегодня реализованы лишь частично.

Исходя из этого цель диссертационной работы состоит в развитии:

- Методов повышения эффективности разработки комплексов бортового оборудования, строящихся на основе интегральной модульной архитектуры на ранних стадиях процесса проектирования;

- Методов построения и оптимизации структуры функций комплексов ИМА;

- Систем автоматизированного проектирования для построения и оптимизации структуры функций комплексов ИМА.

Задачи:

- Провести анализ и выявить основные принципы развития структур комплексов, показать отличительные особенности комплексов, проектируемых на основе ИМА;

- Определить изменения, которые необходимо внести в процесс проектирования, для получения более оптимальных решений структур комплексов ИМА, в частности выделить и обособить процедуру проектирования структуры функций комплекса;

- На основе анализа определенных нормативными документами процессов проектирования и оценки безопасности авионики определить место процедуры проектирования структуры функций в общем процессе проектирования комплекса, определить исходные данные, требования и ограничения для реализации данной процедуры;

- Построить модель процесса проектирования комплекса ИМА, включающую процедуру проектирования структуры функций;

- Предложить модель структуры функций комплекса, с использованием которой данная структура может быть оптимизирована для достижения заданных технических характеристик комплекса ИМА, разработать критерии оценки оптимальности и сравнения различных вариантов конфигурации структур функций комплекса;

- Разработать общий алгоритм построения структуры функций комплекса для автоматизации данной процедуры при проектировании комплексов в формате ИМА;

- Провести исследование алгоритма автоматизации проектирования структуры функций на примере типового комплекса бортового оборудования. Показать эффективность использования полученных решений для поиска оптимальных структур функций комплексов;

- Предложить варианты реализации систем автоматизации проектирования (САПР) для автоматизации построения структуры функций комплексов.

На защиту выносятся:

– Модель процесса проектирования КБО ИМА, в которой задача построения структуры функций КБО выделена в отдельную проектную процедуру, что позволяет формализовать и типизировать ее, предложить математическое описание и соответствующий алгоритм решения.

– Графовая модель структуры функций КБО, которая связывает множество входных и выходных параметров функций и их групп, необходимые для их реализации вычислительные мощности, нагрузку на сеть передачи данных и позволяет определять основные параметры программного и аппаратного обеспечений комплекса, реализующих данную структуру.

– Формулировка задачи достижения заданных функциональных характеристик КБО ИМА через оптимизацию структуры функций, критерии оценки оптимальности и сравнения различных вариантов конфигурации структур функций комплекса.

– Общий алгоритм построения структуры функций КБО, который позволяет автоматизировать данный процесс при проектировании КБО ИМА и решить задачу поиска оптимальной по заданным характеристикам структуры функций и частные алгоритмы минимизации количества функций и формирования групп функций в структуре.

– Результаты вычислительного исследования алгоритма оптимизационного построения структуры функций типового КБО, подтверждающие возможность получения локально-оптимальных решений, обладающих при определенных сочетаниях параметров структуры на 10-20% лучшими характеристиками, чем следует из общей тенденции изменения исследуемых характеристик.

На рисунке представлена модель типового процесса проектирования комплексов бортового оборудования.

Эффективность данного процесса в отношении федеративных комплексов обусловлена в основном масштабным применением принципа наследования технических решений.

В виду отсутствия методов, позволяющих учесть особенности архитектуры ИМА сегодня при проектировании таких комплексов производится наследование принципов организации федеративных комплексов бортового оборудования. При формировании функциональной пары программное – аппаратное обеспечение в федеративном комплексе, данная процедура определяется назначением системы как таковой, что предопределяет дальнейший процесс проектирования и оптимизации системы и всего комплекса соответственно.

Реализация принципа независимости программного и аппаратного обеспечения привела к тому, что понятие системы стало не применимо к комплексам на основе интегральной модульной авионики и в результате принципы проектирования и оптимизации федеративных комплексов являются неэффективными применительно к новой архитектуре.

Для реализации преимуществ ИМА архитектуры необходимо при проектировании таких комплексов минимизировать принципов организации и технических решений других архитектур.

Для решения поставленной задачи предложено выделить процесс проектирования структуры функций комплекса из общего процесса проектирования комплексов бортового оборудования.

Анализируя очередность выполнения этапов процесса проектирования комплексов и очередность выполнения этапов процесса оценки безопасности комплексов бортового оборудования по модели представленной в Руководствах 4754 и 4761, было установлено, что процедуру

проектирования и оптимизации структуры функций можно выполнить на ранних стадиях процесса проектирования комплекса, на основе данных технического задания и оценки функциональных опасностей.

Таким образом, данная проектная процедура представлена как часть эскизного этапа проектирования, между анализом исходных требований и схмотехнического проектирования комплекса.

При этом иерархические взаимоотношения структур функций, программного и аппаратного обеспечения определяются следующим образом. Главенствующее положение занимает структура функций. Структуры ПО и АО воспринимаются как иерархически равнозначные.

Таким образом предложена модель процесса проектирования КБО ИМА, в которой задача построения структуры функций выделена в отдельную проектную процедуру, что позволяет формализовать и типизировать ее, предложить математическое описание и алгоритм решения.

В качестве исходных данных из технического задания берется: перечень функций комплекса, требования к различным комплектациям КБО и требования по применению различных серийных систем.

Серийные системы выполняют фиксированный набор функций, что необходимо учесть при разработке методов и алгоритмов проектирования структуры функций.

Из оценки функциональных опасностей берется: расширенный перечень функций комплекса, уровни критичности отказа функций КБО и соответствующие им уровни гарантии проектирования данных функций, а также берется перечень обязательных мер по повышению уровня отказобезопасности, таких как резервирование.

После формирования перечня функций комплекса и их описания выполняется декомпозиция данных функций. Полученную в итоге структуру функций можно представить в виде ориентированного графа, в котором каждой функции ставится в соответствие вершина, а связям – дуги. Данный граф получил название графа первичной структуры функций.

На основании данного графа выполняется процесс оптимизации функциональной структуры комплекса. Полученную таким образом структуру можно представить в виде графа, который будет отображать структуру функций готового изделия. Поэтому он получил название графа конечной структуры функций комплекса бортового оборудования. В данном графе каждой группе функций ставится вершина, а связям – дуги, вес которых соответствует количеству передаваемых между группами функций параметров.

Граф конечной структуры функций характеризуется тремя параметрами: количеством групп функций, количеством параметров передаваемых между группами функций, необходимым количеством вычислительных ресурсов, которые требуются для реализации данной структуры.

Описание свойств каждой из функций графа первичной структуры функций производится при помощи трех множеств: множества аргументов, множества значений и множества специальных признаков.

Множество специальных признаков включает в себя 4 основных признака. Первый классифицирует функцию как специализированную, либо как вычислительную. Второй указывает на уровень гарантии проектирования данной функции. Третий показывает сколько необходимо вычислительных ресурсов для реализации данной функции. И четвертый показывает может ли быть заменена данная функция в процессе оптимизации.

Таким образом, разработана графовая модель структуры функций комплекса, которая связывает множество входных и выходных параметров функций и их групп, необходимые для их реализации вычислительные мощности, нагрузку на сеть передачи данных и позволяет определять основные параметры АО и ПО комплексов, реализующих данную структуру.

На основе анализа первичной и конечной структур функций, а также их взаимосвязей были определены зависимости параметров конечной структуры функций от исходных данных, что в свою очередь позволило сформировать целевую функцию оптимизации. В данную функцию были введены 3 весовых коэффициента a , b , c , которые в ходе проектирования позволяют учесть различие приоритеты параметров структуры функций.

Критерием оптимальности данной функции является минимум целевой функции.

Таким образом, дана формулировка задачи достижения заданных функциональных характеристик КБО ИМА через оптимизацию структуры функций, критерии оценки оптимальности и сравнения различных вариантов конфигурации структур функций комплекса.

Процесс проектирования структуры функций предлагается выполнять в 6 этапов. 1й – это анализ исходных данных. 2й – построение графа первичной структуры функций. Данные два этапа выполняются экспертной группой. 3й – минимизация количества повторяющихся функций. 4й – формирование групп функций. Данные два этапа являются наиболее трудоемкими и сложными, поэтому для их выполнения были разработаны соответствующие алгоритмы. 5й этап – выбор оптимального варианта структуры функций. Он заключается в определении экспертной группой приоритетов между параметрами конечной структуры функций и определении соответствующих значений весовых коэффициентов. И 6й этап – это определение параметров АО и ПО комплекса.

Рассмотрим алгоритм, который позволяет минимизировать количество повторяющихся функций – это 3 этап.

Первоначально по признаку отсутствия запрета на изменение функции формируется множество F' . После чего производится поиск идентичных функций в составе данного множества. Функции считаются идентичными, если соответственно равны множества их значений и аргументов.

Формирование множества специальных признаков заменяющей функции производится объединением данных множеств. При чем УТП заменяющей функции будет равен максимальному уровню гарантии проектирования функций заменяемых.

Для выполнения 4 этапа – этапа формирования групп функций был разработан следующий алгоритм.

Первоначально определяются диапазоны изменения параметров оптимизации. Далее выполняется построение групп функций. Построение группы функций состоит из поиска базовой функции группы и поиска очередных функций, входящих в данную группу.

В качестве базовой функции группы выбирается функция с наибольшим количеством аргументов, при том поиск выполняется сначала среди критических функций комплекса и если там таковая функций не найдена, то поиск выполняется среди функций не критических.

Выбор очередных функций происходит по критерию ее минимального воздействия на множество аргументов группы функций. После того как данная функция найдена проверяется условие не превышения коэффици-

ента вычислительных ресурсов модуля. Каждая очередная функция ищется сначала среди критических функций комплекса и если там таковая не найдена, то продолжается среди некритических.

Данный процесс выполняется циклически до тех пор, пока все функции КБО не будут распределены по соответствующим группам.

Таким образом, разработан общий алгоритм построения структуры функций комплекса, который позволяет автоматизировать данный процесс при проектировании комплексов ИМА и решить задачу поиска оптимальной по заданным характеристикам структуры функций и частные алгоритмы минимизации количества функций и построения групп функций в структуре.

Для исследования разработанных алгоритмов было выполнено построение структуры функций комплекса ИМА на основе типового набора функций комплексов бортового оборудования.

Опираясь на нормативную и проектную документацию существующих комплексов для данных функций были определены уровни гарантии проектирования, коэффициенты вычислительных ресурсов и необходимость резервирования.

После чего было выполнено построение графа первичной структуры функций.

Как видно, граф состоит из нескольких локализованных частей. Общее количество вершин графа ПСФ 30 штук, а общее количество связей 24.

Мы можем видеть, что граф первичной структуры функций представлен несколькими локализованными графами. Общее количество вершин данного графа составляет 30 штук, а связей 24. После был выполнен процесс минимизации количества повторяющихся функций в графе. Полученная структура представлена в виде графа промежуточной структуры функций, где количеством вершин стало 15 штук и количеством связей 24.

Далее было выполнено формирование групп функций.

В ходе данного этапа были получены промежуточные результаты, позволяющие более детально оценить изменение параметров конечной структуры функций в зависимости от значений параметров оптимизации.

Полученные зависимости представлены в виде поверхностей.

Анализ данных поверхностей показывает, что с ростом значения коэффициента вычислительных ресурсов модуля, количество вычислительных ресурсов комплекса в целом повышается.

И наоборот, количество передаваемых параметров между группами с ростом коэффициента вычислительных ресурсов модуля понижается. На обеих зависимостях присутствуют локальные минимумы.

Учитывая противоположенный характер изменения данных поверхностей наибольший интерес представляет именно расположение точек локальных минимумов.

Анализируя изменение высоты поверхностей от коэффициента расширения видно, что при малых значениях коэффициента вычислительных ресурсов модуля характер изменения поверхностей схож. Однако при малых значениях коэффициента расширения и больших значениях коэффициента вычислительной мощности количество передаваемых параметров между группами снижается.

Это свидетельствует о том, что эффективно снизить нагрузку на сеть передачи данных при малых значениях коэффициента вычислительных ресурсов модуля крайне сложно.

Характер изменения количества ГФ в общем схож с характером изменения количества передаваемых между группами параметров. Он является нисходящим. Однако ни при каких значениях коэффициента расширения количества групп функций не уменьшается.

На основе полученных зависимостей, задаваясь условием равного приоритета между параметрами конечной структуры функций была построена поверхность значений целевой функции. По данной поверхности была определена оптимальная конфигурация структуры функций комплекса, которая получена при значениях КВР модуля 55 и при $R=5$ и $s_{2kp}=2$.

Таким образом, конечная структура функций представлена 4 группами функций, для реализации которых требуется суммарно 5 вычислительных модулей, один из которых резервный. КВР всего комплекса составило 275 единиц с учетом резервирования, либо 220 единиц без учета резервного модуля. Что составляет на 79 единиц больше собственного КВР первичной структуры функций или на 24 единицы, если не учитывать резервный модуль.

Для наглядности представлена лепестковая диаграмма, на которой изображен эталонный вариант структуры, найденный в ходе оптимизации и худший случай.

Таким образом, в ходе диссертационного исследования получены результаты вычислительного исследования алгоритма оптимизационного построения структуры функций типового КБО, подтверждающие возможность получения локально-оптимальных решений, обладающих при определенных сочетаниях параметров структуры на 10–20% лучшими характеристиками, чем следует из общей тенденции изменения исследуемых характеристик.

На основе результатов исследования предложен упрощенный вариант реализации комплекса ИМА.

На текущий момент типовая структура КБО ИМА предполагает полное резервирование крейта, что обусловлено сильным рассредоточением критических функций между вычислительными модулями комплекса.

Разработанный алгоритм учитывает УГП функций, что позволяет сосредоточить критические функции в рамках минимального количества ВМ.

А значит можно минимизировать количество вычислительных модулей в резервном крейте.

Кроме того, если каждую ГФ реализовывать как цельное программное приложение, то можно упростить механизм реконфигурации комплекса. В таком случае реконфигурация будет состоять в выполнении максимально возможного количества программных приложений в соответствии с их приоритетом.

Научная новизна работы:

Модель процесса проектирования, в которой задача построения структуры функций КБО выделена в отдельную проектную процедуру позволила формализовать и типизировать ее, предложить математическое описание и алгоритм решения.

Впервые предложена и обоснована постановка задачи достижения заданных функциональных характеристик КБО ИМА через оптимизацию структуры функций, впервые предложены критерии оценки оптимальности и сравнения различных вариантов конфигурации структур функций комплекса.

Алгоритм построения структуры функций, позволяет автоматизировать данный процесс при проектировании любого сложного аппаратно-программного комплекса.

Определено существование локально-оптимальных по функциональным характеристикам технических решений КБО ИМА, обладающих при определенных сочетаниях параметров структуры функций на 10-20% лучшими характеристиками, чем следует из общей тенденции их изменения.

Практическая значимость:

Результаты работы могут быть использованы для создания средств САПР КБО ИМА на этапе проектирования структуры функций;

Применение алгоритма построения и оптимизации структуры функций КБО позволяет эффективно провести работы по формированию структуры комплекса на ранних стадиях процесса проектирования, что в итоге приводит к:

- снижению количества ошибок на ранних стадиях проектирования;
- снижению трудозатрат на устранение ошибок, совершенных на ранних стадиях проектирования;
- снижению временных затрат на устранение ошибок, совершенных на ранних стадиях проектирования;
- повышению эффективности выполнения работ в рамках эскизного этапа проектирования;
- сокращению общего времени проектирования КБО;
- снижению стоимости процесса проектирования КБО.

Процесс построения и оптимизации структуры функций КБО позволяет произвести первичную оценку уровня отказобезопасности в соответствии с руководствами Р-4761 и Р-4754 до завершения процессов эскизного проектирования. Это позволяет сформировать требования по применению методов повышения надежности и отказобезопасности выполнения функций на ранних стадиях проектирования и дальнейшую разработку КБО производить с учетом данных требований.

Результаты диссертационного исследования использованы при разработке АРЛК «Валдай» в ООО «НПП «ЦРТС», г. Санкт-Петербург.

Уважаемый совет на этом доклад мой окончен.

Председатель

Спасибо. Коллеги, у кого есть вопросы к соискателю? Пожалуйста задавайте.

д.т.н. Ташлинский А.Г.

Вы речь вели об оптимизации, оптимизация предполагает критерии. Вы сказали, что критерием у вас является перебор вариантов. Но это не критерий, это механизм. В чем всё-таки критерий ваш? Что вы оптимизируете?

Соискатель

Я сказал, что критерием является минимум целевой функции.

д.т.н. Ташлинский А.Г.

Вы сказали, что критерием является перебор вариантов.

д.т.н. Васильев К.К.

Нет, он сказал по-другому – правильно сказал.

д.т.н. Ташлинский А.Г.

Хорошо, что является критерием?

Соискатель

Критерием является минимум целевой функции.

д.т.н. Ташлинский А.Г.

Да, но какова целевая функция? Это тоже вы говорили.

Соискатель

В состав целевой функции входят три слагаемых, соответственно в которых представлены количество групп функций, коэффициент вычислительных ресурсов комплекса и количество параметров передаваемых между группами функций.

д.т.н. Ташлинский А.Г.

Это некоторый комплексный критерий?

Соискатель

Да.

д.т.н. Ташлинский А.Г.

Потом вы говорите, что ваша оптимизация локальная. В чем локальность?

Соискатель

Я не говорил, что она локальна.

д.т.н. Ташлинский А.Г.

А что у вас локальное?

Соискатель

Я находил конкретный минимум значения целевой функции, по которому определял...

д.т.н. Ташлинский А.Г.

То есть вы хотите сказать, что есть локально-оптимальное решение. Раз есть локально-оптимальное решение, то значит оптимизация локальная. В чем локальность?

Соискатель

В том, что из множества всех возможных вариантов я нахожу один какой-то вариант структуры функций, который будет наиболее оптимален для разработки.

д.т.н. Ташлинский А.Г.

Ну возможно он будет наиболее оптимален, а локальность в чем? Вы сказали, что по сравнению с общей тенденцией их изменения выигрыш 10-20%. А что такое «общая тенденция изменения», по которой считался выигрыш?

Соискатель

Для того чтобы оценить насколько полученный вариант был более оптимален, чем другие структуры функций комплекса нужно было срав-

нить полученный вариант с некоторым эталоном. Различные комплексы бортового оборудования по функционалу очень сильно отличаются и сравнивать их между собой качественно мы не можем, поэтому мы оцениваем полученное решение относительно других вариантов структуры функций, которые были получены в ходе проектирования и оптимизации.

д.т.н. Ташлинский А.Г.

Ну у вас же есть целевая функция, комплексная которая, она не подразумевает какое-то конкретное решение? Для различного типа аппаратуры или для какого-то конкретного варианта?

Соискатель

Для комплексов бортового оборудования построенных на основе архитектуры интегральной модульной авионики.

д.т.н. Ташлинский А.Г.

Для любого комплекса, построенного по третьему типу архитектуры?

Соискатель

Да.

д.т.н. Ташлинский А.Г.

Я не понял, что такое общая тенденция их измерения. Вы посчитали выигрыш, по сравнению с чем это выигрыш?

Соискатель

Есть характеристика изменения каждого из параметров конечной структуры функций. Она каким-то образом изменяется.

д.т.н. Ташлинский А.Г.

По сравнению со средним значением вот этой характеристики?

Соискатель

Да.

д.т.н. Ташлинский А.Г.

На 23 плакате у вас есть понятие эталона. Я так понимаю это наилучшее решение. Оно откуда взялось?

Соискатель

Мы предполагаем, что у нас есть вычислительный модуль, который способен взять на себя задачу реализации всех функций сразу. Таким образом мы говорим, что у нас есть всего лишь одна группа функций, соответственно по сети передачи данных нам ничего не надо передавать и тогда коэффициент вычислительных ресурсов данного модуля будет равен собственному коэффициенту вычислительных ресурсов первичной структуры функций.

д.т.н. Ташлинский А.Г.

Понятно, по сравнению с этим случаем у вас какой проигрыш? С потенциально достижимыми характеристиками.

Соискатель

Именно конкретно моего варианта?

д.т.н. Ташлинский А.Г.

Вашего критерия оптимизации.

Соискатель

Конкретную цифру я сейчас не назову. Здесь мы можем оценить это только визуально.

д.т.н. Ташлинский А.Г.

В сравнении с общей тенденцией у меня выигрыш 15%, а каков потенциальный выигрыш? Вы близки к потенциальному выигрышу?

Соискатель

Если смотреть на эту лепестковую диаграмму и оценивать расстояние до лучшего случая и до худшего случая, то мы можем оценить насколько полученный вариант структуры функций близок к эталонному и далек от наихудшего случая.

д.т.н. Ташлинский А.Г.

Но на сколько конкретно вы не считали?

Соискатель

Конкретную цифру я не посчитал.

д.т.н. Ташлинский А.Г.

При вашей оптимизации вы какие-то ограничения прикладывали? Может ли быть решение, которое улучшит ваше решение? И видите ли вы такие пути исследования в дальнейшем или вы решили задачу глобальной оптимизации?

Соискатель

Достичь более оптимального решения можно, например, за счет увеличения количества параметров комплекса, которые будет учитывать данный алгоритм оптимизации, соответственно я в своей работе использовал три основных параметра конечной структуры функций, которые наиболее широко применялись в аналогичных работах по тематике диссертации. Возможно, если увеличить количество параметров, то мы повысим эффективность данного метода.

д.т.н. Ташлинский А.Г.

Но при фиксированном количестве параметров вы достигаете глобального экстремума, то есть глобальной оптимизации. Правильно я понял?

Соискатель

Да.

д.т.н. Ташлинский А.Г.

Спасибо.

д.т.н. Васильев К.К.

Я понимаю, что это предисловие перед тем как вопросы будут задавать настоящие специалисты по САПР, но тем не менее вопросы очень короткие, но важные. Где у вас цель диссертации написана? На первых плакатах. Мне ваша цель диссертации не нравится, потому что развитие методов или развитие систем целью для заказчиков не может быть. Вы хотите что-то улучшить. Улучшение методов вообще нужно конечно, но не для диссертации. Что вы хотите улучшить? Вы хотите время сократить проектирования, качество? Можно сформулировать общую цель диссертации? У вас несколько промежуточных целей. В конце вы сказали, что и это хорошо и это все здорово. Получается так что и мощности вычислительные сокращаются и качество повышается и вообще все здорово, но все-таки какая же цель основная вашей диссертации?

Соискатель

Цель именно автоматизировать процесс проектирования структуры функций.

д.т.н. Васильев К.К.

Это не может быть целью. Он, наверное, автоматизирован?

Соискатель

Нет.

д.т.н. Васильев К.К.

Вы можете сократить время – это вот цель. Цель должна быть вещественная. Потому что если вы просто автоматизируете – ну и что. Вот я директор предприятия. Не надо мне автоматизации если она не дает улучшения чего-либо. Что вы улучшили, самое существенное?

Соискатель

С точки зрения работодателя, при переходе от выполнения сложного процесса вручную к выполнению его средствами автоматизированного проектирования мы сокращаем время данного процесса.

д.т.н. Васильев К.К.

Ваша цель диссертации – сокращение времени проектирования? Повышение надежности на некоторых этапах, исключение ошибок, но основная цель – это сокращение времени?

Соискатель

С точки зрения производителя да.

д.т.н. Васильев К.К.

С точки зрения вашей диссертации?

Соискатель

Автоматизировать процесс проектирования структуры функций.

д.т.н. Васильев К.К.

Значит сокращение времени. А на сколько вам при вашем внедрении на предприятии удалось сократить время проектирования? Или ка-

кие-нибудь характеристики, только физические, потому что у вас 10% – для меня не понятно, что это. А реальные физические характеристики, которые переводятся в деньги, какие удалось улучшить?

Соискатель

Еще стоит сказать, что когда сложные процессы выполняются вручную, то вероятность совершения ошибки человеком высока.

д.т.н. Васильев К.К.

Вам удалось показать, что внедрение вашей системы на 20% или на сколько-то снижает число ошибок? Тогда на сколько?

Соискатель

Нет.

д.т.н. Васильев К.К.

Я задаю такие вопросы, потому что в выводах по диссертации, где должны быть отражено сравнение с существующими решениями, в том числе и по эффективности, у вас ни одной цифры нет. Вы можете какие-нибудь цифры привести, которые говорят о том, что стало лучше, но ни только на уровне функций или числа ребер графа, в котором уменьшилось количество узлов?

Соискатель

Для того чтобы оценить насколько сократилось время проектирования или сократилась стоимость проектирования необходимо иметь какие-либо исходные данные.

д.т.н. Васильев К.К.

Вы можете сделать какой-то прогноз, что у вас время уменьшится в полтора раза. Какие-то характеристики? Без этого нельзя.

Соискатель

Данную проектную процедуру, я ввожу впервые и статистических данных о том сколько на это времени и ресурсов уходило...

д.т.н. Васильев К.К.

Вы что хотите сказать, что до этого самолеты не делались?

Соискатель

Самолеты делались.

д.т.н. Васильев К.К.

Вот в том то и дело. Теперь постановка задачи оптимизации. Вот целевая функция, мне как не математику все-таки понятно, что эта функция экстремума не имеет, это линейная зависимость. Если вы все слагаемые сделаете нулем – это будет самый минимум. Если допустимы отрицательные значения, то значит минус бесконечность будет минимум. Я возьму какой-нибудь из параметров минус бесконечностью. Почему вы так ни делаете? Такая постановка по моему мнению не корректна. Что-то еще есть кроме этой функции?

Соискатель

Существует некоторый диапазон изменения.

д.т.н. Васильев К.К.

Есть ограничения? А где эти ограничения записаны?

Соискатель

Вот. Коэффициент вычислительных ресурсов модуля изменяется от единицы до ста.

д.т.н. Васильев К.К.

Пределы указаны?

Соискатель

Да.

д.т.н. Васильев К.К.

Я все понял, спасибо большое.

Председатель

Коллеги, еще вопросы пожалуйста.

д.т.н. Сергеев В.А.

4 пункт научной новизны не могу понять. Определено существование, локально-оптимальных по функциональным характеристикам технических решений, обладающих при определенных параметрах структуры функций на 10-20% лучшими характеристиками, чем следует из общей тенденции их изменения. А где тенденция их изменения?

д.т.н. Ташлинский А.Г.

Я же спрашивал. Среднее значение. На следующей странице.

д.т.н. Сергеев В.А.

Значит где-то должен быть набор стандартных функций, и вы взяли их путем оптимизации? Скажем объем вычислительных ресурсов – это я понимаю. А вот на 10-20% лучшими характеристиками? Как можно сравнивать в процентах характеристики?

д.т.н. Ташлинский А.Г.

Минимум характеристики – меньше среднего значения.

д.т.н. Сергеев В.А.

Теперь да, понятно, о чем идет речь.

Соискатель

Вопрос еще актуален?

д.т.н. Сергеев В.А.

Мне объяснили уже.

Председатель

Еще вопросы? Пожалуйста Юрий Петрович.

д.т.н. Егоров Ю.П.

Плакат номер два. В чем заключается актуальность работы?

Соискатель

Изучение вопросов проектирования комплексов бортового оборудования на основе интегральной модульной авионики поддерживается государственными программами Российской Федерации, в рамках которых Авиационным Регистром вводятся документы, которые вносят изменения в процесс проектирования именно комплексов на основе интегральной модульной авионики.

д.т.н. Егоров Ю.П.

Актуальность в чем заключается? В применении этих вещей для области комплексов бортового оборудования? Повышение качества, сокращение стоимости, еще что-то?

Соискатель

Во-первых, ...

д.т.н. Егоров Ю.П.

Что она дает потребителю?

Соискатель

Именно потребителю?

д.т.н. Егоров Ю.П.

Потребитель пришел покупать то, что вы сделали. Вот это актуальность.

Соискатель

Когда мы нашли оптимальный вариант конфигурации структуры функций комплекса и дальнейшую разработку выполняли по данным которые у нас имеются, то в конечном счете мы должны минимизировать количество вычислительных модулей и их мощность в составе крейта. И к тому же как я указывал на последних слайдах мы можем минимизировать количество вычислительных модулей в составе резервного крейта.

д.т.н. Егоров Ю.П.

Удешевить конструкцию?

Соискатель

Да, мы получаем меньшее количество вычислительных модулей, а значит меньшую его стоимость.

д.т.н. Егоров Ю.П.

Удешевить с сохранением требуемых функций?

Соискатель

Да.

д.т.н. Егоров Ю.П.

Вот это актуальность. На 8 плакате есть предварительный анализ отказов программного обеспечения и аппаратуры. Если речь идет о надежности, то нужно учитывать отказы и восстановление. Учитывать время которое уходит на восстановление. Если у вас нет восстанов-

ливаемости в системе, то тогда я понимаю. Но восстанавливаться должны.

Соискатель

Процесс оценки безопасности базируется на надежности. Но те критерии, которые приводятся в документах, формируемых одновременно с техническим заданием, там задается именно уровень гарантии проектирования, который так же учитывает опыт производителя по разработке воздушных судов данного типа.

д.т.н. Егоров Ю.П.

Коэффициент готовности, например, вероятность работоспособности и так далее. Они же через анализ отказов не обеспечиваются? Еще восстановление должно учитываться?

Соискатель

Сегодня, когда реализуют интегральную модульную авионику, резервный крейт находится в состоянии горячего резерва. В процессе всего полета, когда у нас происходит отказ модулей даже с самыми критичными функциями, у нас время на его восстановление получается достаточно большим, потому что резервный крейт уже дает необходимую информацию для пилотирования. Получается мы имеем возможность свободно перераспределить программные приложения между рабочими модулями основного крейта.

д.т.н. Егоров Ю.П.

Лучше все-таки писать анализ надежности, а не анализ отказов. Отказ еще ни о чем не говорит, этого мало. Где гарантия что - и первый отказал и второй отказал, и третий отказал. Дальше что будем делать?

Соискатель

Если у нас складывается такая ситуация, то это вопрос к производителю.

д.т.н. Егоров Ю.П.

У вас и называется «анализ». При анализе это и устанавливается, какова наработка на отказ средняя, каково время восстановления либо восстановление во время полета, либо восстановления во время полета не должно быть. Надежности на время полета должно хватить с учетом резервирования. Это должно быть сделано.

Соискатель

В документе, который называется «оценка функциональных опасностей», все анализы выполнены с учетом показателей надежности. Исходя из этих данных назначается уровень гарантии проектирования соответствующий функции и вводятся дополнительные требования по кратности резервирования.

д.т.н. Егоров Ю.П.

Программное обеспечение у вас тоже резервируется?

Соискатель

Да.

д.т.н. Егоров Ю.П.

Оно же тоже может отказать?

Соискатель

Отказ программного обеспечения происходит как правило в виду отказа вычислительного модуля, на котором оно реализовано.

д.т.н. Егоров Ю.П.

Неправильно. Оно может отказать в трех случаях. Первое – ошибка в программном обеспечении, второе – программное обеспечение плохо защищено от сбоев в аппаратуре и третье – от отказов аппаратурной базы. Если ошибка в программе? Она там всегда есть, всегда будет. Анализ отказов, в том числе программного обеспечения, его восстановления – очень важный вопрос.

Соискатель

В авиационной промышленности есть правила, которые говорят, что если у нас есть функция, она критичная и мы должны ее зарезервировать, то при написании программного обеспечения, должны использовать: другой язык, другие алгоритмы и функции. Соответственно для выполнения одной и той же функции используются различные входные данные. Когда я буду проводить оптимизацию – я не могу сказать, что эти функции идентичны, так как для их выполнения требуются различные входные данные. Таким образом, эти функции будут определены на разные вычислительные модули и будут работать обособленно друг от друга. Тогда, выход из строя одного вычислительного модуля, либо ошибка в программном обеспечении не приведут к отказу функции как таковой.

д.т.н. Егоров Ю.П.

Ладно.

Председатель

Еще вопросы пожалуйста. Иван Федорович пожалуйста.

д.т.н. Дьяков И.Ф.

Хотелось узнать, поставлено 8 задач. На сколько полно решены, например, четвертая, пятая задачи?

Соискатель

Четвертая – построить модель процесса проектирования комплексов, включающую процедуру проектирования структуры функций. Задача решена полностью. Следующая пятая вы говорите? Предложить модель структуры функций комплекса с использованием которой данная структура может быть оптимизирована для достижения требуемых технических характеристик, разработать критерии оценки оптимальности и сравнения различных вариантов конфигураций структур функций комплекса. Считаю, что задача выполнена, потому что благодаря графу конечной структуры функций мы можем оценить оптимальность одного варианта конфигурации комплекса относительно другого варианта.

д.т.н. Дьяков И.Ф.

Практическая значимость у вас – достигли снижения трудозатрат по устранению ошибок и в тоже время сокращения общего времени. Проверка устранения ошибок не входит в общее время?

Соискатель

Трудозатраты и временные затраты вещи родственные. Тут можно говорить о количестве затраченных человеко-часов на устранение ошибки. Но если говорить о временных затратах на устранение ошибок, то допустим это был месяц. Но трудозатраты – было задействовано 5 человек. Либо был задействован 1 человек и все равно это заняло месяц. Так что трудозатраты и временные затраты являются различными.

д.т.н. Дьяков И.Ф.

Следующий вопрос. Есть пункты: сокращение общего времени проектирования и снижение стоимости. Они на сколько коррелируемы?

Соискатель

Корреляция достаточно высокая. Потому что у нас время процесса проектирования сокращается по причине отсутствия различных ошибок и заранее выверенной структуры функций, то как результат сокращается и стоимость процесса разработки.

д.т.н. Дьяков И.Ф.

Вы использовали теорию надежности. Значит, есть применение методов повышения надежности и отказобезопасности. Это разные вещи? Отказобезопасность входит в надежность?

Соискатель

Да.

д.т.н. Дьяков И.Ф.

Что за специализированные функции и вычислительные функции? Чем они отличаются между собой? Покажите где специализированные функции?

Соискатель

Специализированные функции – это функции, которые не могут быть вычислены, не могут быть реализованы на базе вычислительного модуля. То есть это функции систем, функции различных исполнительных механизмов и другие функции комплекса, оптимизацию относительно которых мы не выполняем.

д.т.н. Дьяков И.Ф.

Вы использовали организационную структуру функций. А какой метод оптимизации вы использовали? Их там несколько методов же, да? И так вы выбрали симплекс метод, штрафные функции и другие там. Как вы выбрали? Или без метода?

Соискатель

Эвристические методы.

д.т.н. Дьяков И.Ф.

Почему поверхность целевой функции не гладкая, из-за каких параметров?

Соискатель

Параметры именно на целевой функции или параметры которые в таблице написаны?

д.т.н. Дьяков И.Ф.

Ладно, у меня все.

Председатель

Хорошо. Вопросы?

д.т.н. Крашенинников В.Р.

22 плакат откройте. Хотелось бы ясность. Что по оси аппликат?

Соискатель

Это значения целевой функции.

д.т.н. Крашенинников В.Р.

Я понимаю. Что от чего? Рубли, градусы?

Соискатель

Единицы измерения она не имеет. Это условная единица.

д.т.н. Крашенинников В.Р.

Что она отражает?

Соискатель

Она отражает уровень оптимальности каждой конкретной конфигурации.

д.т.н. Крашенинников В.Р.

В чем этот уровень оптимальности, в каких единицах? Что это за оптимальность? Затраты или что?

Соискатель

Большому значению целевой функции соответствует большее значение количества групп функций, передаваемых параметров...

д.т.н. Крашенинников В.Р.

Стоп. Это аргументы целевой функции. А ее значение?

Соискатель

Целевая функция единиц измерения не имеет, это условная единица.

д.т.н. Крашенинников В.Р.

Ладно. Если смотреть на 14 плакат, получается целевая функция линейная и у нее три параметра?

Соискатель

Три параметра.

д.т.н. Крашенинников В.Р.

А на 22 мы видим лишь только два: ЭР и КА?

Соискатель

Когда я пишу целевую функцию, я указываю, что она складывается из конкретных параметров конечной структуры функций: количество групп функций, количество передаваемых между группами функций. А каждый из этих параметров в свою очередь...

д.т.н. Крашенинников В.Р.

Ладно. А почему она состоит из плоскостей?

Соискатель

Я задавался некоторым шагом по каждому из параметров оптимизации и соответственно получались точки.

д.т.н. Крашенинников В.Р.

Непонятно. Если смотреть на целевую функцию, то она чисто линейная. Должна быть сплошь плоскость. На 14 плакате я вижу линейную функцию. Если какой-то из параметров закрепим, получится в трехмерном пространстве одна плоскость.

Соискатель

В целевой функции три слагаемых. Для каждого из них построена зависимость в процессе эксперимента. Найдено как каждый из параметров этой целевой функции меняется.

д.т.н. Крашенинников В.Р.

И как он меняется? На этом графике только два вы можете отразить, КА и ЭР.

Соискатель

Я же рассматриваю...

д.т.н. Крашенинников В.Р.

Хорошо. Вот кусочки плоскостей. Каждая плоскость мне понятна, потому что это линейная функция. А вот на ней одна плоскость, другая плоскость, третья плоскость. Откуда они берутся?

Соискатель

Я варьирую параметры оптимизации, задаю различные значения...

д.т.н. Крашенинников В.Р.

Ладно, не понятно. У вас задача найти минимум этой функции. Каким же вы методом ее решали? Вы сказали, что эвристическим. Это простым перебором?

Соискатель

Я выполнял перебор, но при этом я задавал ограниченные диапазоны параметров оптимизации.

д.т.н. Крашенинников В.Р.

А зачем этот перебор? У вас функция, линейная. Вы показывали ограничения, значит область. Она тоже линейная. Это простая задача

линейного программирования. Не надо никакого перебора. Почему вы его не использовали?

Соискатель

Каждый из параметров конечной структуры взаимосвязан с другим параметром.

д.т.н. Крашенинников В.Р.

Как они связаны? Линейно между собой?

Соискатель

Они связаны не линейно, что и отражается на поверхностях. Один параметр возрастает, другой параметр убывает...

д.т.н. Крашенинников В.Р.

Уравнение их связи какое? Она описывается каким-то выражением?

Соискатель

Связь достаточно сложная и не в одной работе, которую я рассматривал по тематике диссертации...

д.т.н. Крашенинников В.Р.

Вы какую берете связь? Вот есть три параметра x , y , z . Как они между собой связаны? Есть какая-то формула?

Соискатель

В моем случае это целевая функция, которая связывает их...

д.т.н. Крашенинников В.Р.

Целевая функция от них зависит. Это другое, это ограничения. x , y , z – условно параметры вашей целевой функции. Она так вычисляется. Вы говорите, что x , y , z не свободные переменные. Они между собой связаны. Как они между собой связаны?

Соискатель

Сказать, как они конкретно связаны между собой я не могу. Здесь все зависит от структуры функций конкретного комплекса.

Председатель

Можно я вмешаюсь в разговор? Я тоже задам вопросы для уточнения. Мы сейчас рассуждаем о функциях, а рассуждать нужно о процессе проектирования. Коллеги, можно сделать борт исходя из комбинации отдельных приборов, а можно сделать борт если у вас интегральная модульная авионика. Интегральная модульная авионика – это крейт. Специально нарисована стойка, куда может быть установлен вычислитель, несколько вычислителей, может быть коммутатор, может быть и прибор. Мы рассуждаем о способе проектирования такого борта. У нас есть техническое задание.

д.т.н. Крашенинников В.Р.

То есть набора? Набор этих элементов?

Председатель

Конечно. И есть набор описанных функций. Эти функции могут быть специальные, вычислительные. Теперь решаем задачу – каким образом из технического задания извлеченные функции разложить по стандартному универсальному вычислителю. Какое ТЗ – такие функции критичны, такие функции можно расположить. Получается, что в разных задачах проектирования у нас совершенно разный набор функций, которые могут быть размещены на вычислителе. Отсюда получается разное количество передаваемых параметров. Нужно их минимизировать для того чтобы расположить. У меня такой вопрос. Задача построения распределенных вычислительных сетей систем вне рамок авионики решалась. Вы знаете, аналоги вашей процедуры построения структуры функций? Не для авионики, а для построения распределенных вычислительных систем, которые строятся на основе комбинации универсальных вычислителей, которые устанавливаются в общий крейт.

Соискатель

Из-за специфики бортового оборудования накладывается слишком много ограничений. Если мы возьмем, например, мощный компьютер, который устанавливается в помещение, с множеством процессоров – вроде бы тоже самое. Но там требований по уровню гарантии проектирования нет. Задача получается другая. Здесь мы кроме того, что должны все распределить по вычислительным модулям, еще должны обеспечить оптимальность и определенные характеристики комплекса именно как бортового оборудования.

Председатель

Да, у вас есть понятие специальная функция, критичная функция...

д.т.н. Егоров Ю.П.

Для спутника, например, для подводной лодки, ведь там аналогичные задачи?

Председатель

Аналогичной будет задача только для другого борта.

д.т.н. Крашенинников В.Р.

Я хочу понять, какая была математическая подстановка. Вот эта линейную функцию, надо найти ее минимум. Почему это не сделано известными методами?

Председатель

Нет, там просто... Я сейчас сформулирую и тоже будет вопрос.

д.т.н. Крашенинников В.Р.

Или это описание не соответствует этой задаче?

Председатель

Это просто оценочная функция для разных вариантов комбинаций функций. Их можно построить множество исходя из одного ТЗ, если у вас универсальное устройство.

д.т.н. Крашенинников В.Р.

Понятно, для каждого сделать набор.

Председатель

И вот каждый набор как оценить? Предложена оценочная функция.

д.т.н. Крашенинников В.Р.

Что и удивительно. Хорошо. Взяли набор. После этого целевая функция определена, границы определены. Стандартную задачу решить. Все пошло бы прекрасно. А он говорит – я через какой-то шаг начинаю перебирать?

д.т.н. Ташлинский А.Г.

Нет, там коэффициент умножить на функцию. Эта функция не линейная. Она зависит от набора параметров. То есть там сумма трех нелинейных функций.

д.т.н. Крашенинников В.Р.

Вон оно что. А он подбирает их коэффициенты?

д.т.н. Ташлинский А.Г.

Он их перебирает и ищет где минимум.

д.т.н. Крашенинников В.Р.

Да. Ладно.

Председатель

Да, пожалуйста Виктор Николаевич.

д.т.н. Негода В.Н.

На 7 плакате декларируется типовой процесс проектирования и сказано, что основополагающий принцип проектирования КБО – это принцип наследования. Согласно данному принципу при проектировании структура прототипа наследуется более чем на 80%. На самом деле это имеет место, но вы отказываетесь от этого принципа?

Соискатель

Я не могу отказаться полностью, я его минимизирую.

д.т.н. Негода В.Н.

То, что наследуется строиться всегда традиционно. И это более важный принцип – это последовательная декомпозиция. Мы говорим есть системы, системы на подсистемы, подсистемы на компоненты. Тогда декомпозиция имеет смысл большой. А когда я открываю вашу 19 страницу, то я тут вижу, что неявно два уровня преследуется, потому что есть группа функций. Группа функций в каждом узле графа, и связи между ними показаны. Вся функциональность разбивается на три группы в данном примере. Но последовательная декомпозиция всегда многоуровневая. Практически все сложные системы так строят. И когда речь зашла о шкафах, о стойках и т. д. возник вопрос – как отношение «частное и общее», естественно присутствующее в проектном процессе, как оно у вас отражается в мат. модели?

Соискатель

Когда я строю граф первичной структуры функций...

д.т.н. Негода В.Н.

Здесь тоже два уровня я вижу: вся система и подсистемы.

Соискатель

Это не системы – это функции.

д.т.н. Негода В.Н.

Я понимаю. Я знаю, что внутри твориться. Вопрос в том, что когда мы говорим о функциях я не верю, что проектный процесс ограничивается только двумя уровнями. Когда вы говорили, что вы используете эвристику я понял, что слово эвристика относится к тому, что есть проектировщик, который принимает некоторые решения, руководствуясь своим опытом?

Соискатель

Когда выполняется процесс декомпозиции функций комплекса, которые написаны в ТЗ, то на сколько глубоко производить декомпозицию этих функций определяет разработчик.

д.т.н. Негода В.Н.

У вас нет эвристических алгоритмов, а именно лицо принимающее решение в ходе проектного процесса. И многие ограничения – это эвристики в его голове? Это его опыт, так примерно? Вернемся на седьмой плакат. Эти вот 80% внутри этого опыта и сидят. Он сохраняется – вы это не убиваете? Потому что это страшная вещь – посягнуть на эти 80%. Я был свидетелем, когда оптимизировали в САПР конструкцию, а эксплуатировать ее невозможно было. Это была страшная вещь, но оптимально с точки зрения количества контактов между модулями. Практика показывает, что потом от этого вынуждены отказываться в сторону того, что вы называли эвристиками. У вас сохраняется этот опыт, он наследуется, и вы не посягаете на то чтобы заменить его алгоритмом, базирующемся на ваших критериальных параметрах? Вы помогаете выбирать частные решения?

Соискатель

Да.

д.т.н. Негода В.Н.

Спасибо.

Председатель

Коллеги, еще есть вопросы? (Нет). **Согласны ли члены Совета сделать технический перерыв?** (Нет). Тогда продолжаем работу.

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

д.т.н. Киселев С.К.

Тема диссертации работы, которая сейчас бурно обсуждалась, возникла из практического опыта Дмитрия Валерьевича, когда он работал в нашем конструкторском бюро приборостроения и занимался разработкой КВО для вертолетов. Этот вот переход от федеративной

системы – ему приходилось месяцами ходить и собирать информацию: что есть в одной системе, что в другой, как это в новом комплексе можно объединить, где можно получить какой-то выигрыш? Поварившись в реальном процессе проектирования он поставил для себя эту вот задачу, над которой последовательно работал все время обучения в аспирантуре. Положительной его стороной я считаю является умение исходя из каких-то конкретных технических постановок задач находить то решение, которое может быть математически описано, проанализировано, технически представлено. Потому что тот опыт, про который говорил Виктор Николаевич, в достаточной степени представлен в авиационной документации, которая регламентирует все эти процессы и регламентирует процесс построения комплекса. Совершенно не зря здесь учитываются не только стандарты процесса проектирования, но и тесно привязан процесс оценки безопасности данного комплекса. И именно этой взаимосвязью, особенностью построения комплекса, определяются те методы, которые он применил. Действительно, за счет то того что было поставлено много ограничений – много ограничений между функциями, решаемыми на борту и их характеристиками Дмитрий Валерьевич пришел к комбинаторной оптимизации. Довел работу до конца и представил тот результат, который мы сегодня оцениваем. Я могу свидетельствовать что его трудовая биография сложилась так, что он вскоре ушел из УКБП, перешел на другое место работы, в Санкт-Петербурге. Работу не оставил, продолжил заниматься этой темой. И то, что он предлагает, те методы которые он рассматривает – они пригодились в практике проектирования других комплексов, тоже авиационного назначения в другой организации. Это я считаю так же положительно. Могу подтвердить, что в силу перемещения человека из одной организации в другую, в другой город, диссертация в большой степени выполнялась самостоятельно. Поэтому считаю, что получен хороший результат, который достоин оценки.

(Отзыв прилагается).

Председатель

Спасибо Сергей Константинович.

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 5 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. АО ОКБ «Электроавтоматика», г. Санкт-Петербург.

Отзыв подписал: **Жаринов И. О.**, доктор технических наук, профессор, руководитель учебно-научного центра – ученый секретарь научно-технического совета.

Замечания:

– В диаграмме процесса проектирования (см. стр. 16) автор полагается в решении задачи выбора оптимального варианта структуры функций комплекса бортового оборудования на мнение экспертной группы, что, очевидно, вносит определенный субъективизм в формируемое проектное решение. Поиск экстремума целевой функции и учет характеристик распределения функции выбора способствовали бы получению более точных оценок.

– Автор использует (см. стр. 17) фигуру речи «... более оптимальное на 10-20%», что с научной точки зрения является некорректным высказыванием, так как при наличии критерия процедура оптимизации предполагает получение одного наилучшего (оптимального) решения.

2. Чистопольский филиал «Восток» ФГБОУ ВО «Казанского национального исследовательского технического университета им. А. Н. Туполева – КАИ», г. Чистополь.

Отзыв подписал: **Прохоров С. Г.**, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «приборостроение».

Замечания:

– В тексте автореферата нет объяснений почему для представления структуры функций принята именно графовая модель, в чем ее преимущество перед другими, например, деревом, которое также достаточно часто используется в подобных задачах.

– Проведенное исследование показало наличие параметров структуры функций КБО, которые повышают оптимальность решения до 20%, но какова закономерность данных сочетаний и выявлена ли она указано.

– В названии диссертации и по тексту работы в отношении авионики используется термин «интегральная», хотя такой термин и встречается в ряде работ по тематике, но более широко принят термин «интегрированная».

3. АО «Раменский приборостроительный завод», г. Раменское.

Отзыв подписал: **Васильев Д. В.**, кандидат технических наук, заместитель генерального конструктора.

Замечания:

– В описании 3 главы указано, что «предложено разделение АО комплекса на две группы: – специализированное АО; – универсальные вычислительные модули (ВМ)», но данное деление исходно присутствует, и автор не мог его предложить.

– В автореферате нигде явным образом не описаны условия отнесения нескольких функций КБО к одной группе, признаки функций на основе которых это происходит.

4. АО «Аэроприбор-Восход», г. Москва.

Отзыв подписали: **Гаврилов П. Ф.**, кандидат физико-математических наук, ведущий конструктор; **Кошелев А. А.**, заместитель главного конструктора по науке и инновационному развитию.

Замечания:

– В автореферате не приведены результаты исследования зарубежных и отечественных специалистов в части проектирования КБО ИМА.

– Не показаны приблизительный объем и перечень аргументов и значений функций комплекса для приведенного примера.

– Не показано в автореферате, какие именно характеристики технических решений КБО ИМА могут быть использованы при оптимизации структуры функций.

5. ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет имени А. Н. Туполева-КАИ», г. Казань.

Отзыв подписал: **Солдаткин В. М.**, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «приборы и информационно-измерительные системы», заслуженный работник высшей школы РФ, заслуженный изобретатель Республики Татарстан.

Замечания:

– Не сформулирована цель работы, а представленные задачи отражают полученные в диссертации результаты, а не решаемые задачи.

– Не совсем понятно, как в разрабатываемой системе автоматизации структуры функций комплекса бортового оборудования учитываются особенности объекта авиационной техники – самолета, вертолета и др.

– Не понятно, в каком виде формируется минимальная структура функций комплекса бортового оборудования в алгоритме, приведенном на рисунке 3.

– Не ясно, как на диаграмме рисунка 5 реализуется оптимизация структуры функций комплекса бортового оборудования. Не понятно, как задается критерий оптимальности.

Председатель

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

Соискатель

Ответ на замечания ведущей организации НПО «Марс».

Ответ на замечание №4.

Расшифровку общеприменимых аббревиатур считаю нецелесообразной, так как даже тогда, когда аббревиатура может быть расшифрована по-разному, аппаратное обеспечение или акционерное общество, то смысл всегда однозначно понятен из соответствующего контекста.

Замечания АО ОКБ «Электроавтоматика»

Ответ на замечание №1.

Предполагается, что экспертная группа будет выбирать только весовые коэффициенты целевой функции, а алгоритм будет формировать один соответствующий оптимальный вариант конфигурации.

Ответ на замечание №2.

Используемый словесный оборот не означает, что решений будет несколько и каждое из них будет по-разному оптимально. Его смысл состоит в том, что полученный в ходе исследования вариант оптимальной структуры функций оказался более оптимален, чем множество других конфигураций.

Замечания филиала «Восток» Казанского национального исследовательского технического университета им. А. Н. Туполева

Ответ на первое замечание.

Решаемая задача относится к комбинаторным задачам оптимизации, анализ схожих задач показал, что в основном используются графовые модели, поэтому использовался именно граф.

Замечания АО «Раменский приборостроительный завод».

Ответ на второе замечание.

В автореферате действительно отсутствует словесное детальное описание условий распределения функций. Однако даны рисунки с соответствующими алгоритмами, изучение которых позволяет узнать эти условия.

Замечания АО «АП Восход».

Ответ на замечание №1.

В автореферате не приведено большинство результатов исследования зарубежных и отечественных специалистов в части проектирования комплекса ИМА потому что эти результаты относятся к теме реализации таких свойств ИМА архитектуры как модульный состав крейта и открытая архитектура. В то время как в диссертации изучались вопросы оптимизации структуры функций, которые направлены на реализацию принципа независимости программного и аппаратного обеспечений. А по данной тематике в открытой печати исследований интегральной модульной архитектуры нет.

Замечания Казанского национального исследовательского технического университета имени Туполева-КАИ.

Ответ на замечание 1.

В автореферате задачи формулируются как: проведен анализ..., установлены изменения... и т.д. Очевидно нужно было написать глаголы в повелительном наклонении: провести анализ..., установить изменения...

Ответ на замечание 2.

Особенности объекта авиационной техники учитываются при разработке технического задания и оценки функциональных опасностей. В свою очередь процесс проектирования и оптимизации структуры функций базируется именно на этих документах.

Ответ на замечание 3.

Для оценки результатов выполнения процесса минимизации первичной структуры функций в диссертации используется граф, который называется графом промежуточной структуры функций.

Ответ на замечание 4.

На 5 шаге процесса проектирования структуры функций исходя из приоритетных для разработчика параметров структуры функций экспертным методом определяются значения весовых коэффициентов при слагаемых целевой функции. Оптимизация проводится фактически перебором возможных группировок функций по группам и оценкой полученного результата по заданному критерию.

На этом все.

Председатель

Спасибо. Слово для отзыва предоставляется официальному оппоненту – **д.т.н. Смагину Алексею Аркадьевичу**.

д.т.н. Смагин А.А.

Добрый день уважаемые члены совета, уважаемый председатель.

Я хотел достаточно кратко выразить свое мнение, свое отношение к данной работе Дмитрия Валерьевича. Я начну с самой структуры диссертации. Структура несколько необычна. Я посмотрел стандарты, как рекомендуется писать диссертацию. По 30 – 35 страниц глава и это все должно уложиться в 120 страниц. Данная диссертационная работа написана основным текстом 180 страниц и еще около 40 страниц приложения. Это не так страшно, потому что ограничения по объему не обязательны. Но должен сказать, что 70 страниц – это первая

глава - анализ архитектур. Вторая глава - формирование требований, занимает 32 страницы. И того 100 страниц текста, который количественно можно сократить, если брать более детально какие-то критерии оценки по состоянию вопроса. 2 последние главы, где разработка мат. модели и алгоритмов обеспечения процесса автоматизации проектирования функций и исследования процессов - в общем изложена вся сама работа, которая сегодня докладывалась. Прежде всего я хочу сказать об актуальности работы, которая представлена сегодня на защите. 20 лет назад интегрированная модульная авионика начала так сказать входить в проектирование современных воздушных судов и вот получается так, что до сих пор нет единого подхода для того чтобы на основе ИМА создавать такие системы. Дело в том, что есть руководства, о которых он сегодня говорил, которые жестко говорят о том, что можно делать при проектировании, а что нельзя. В частности, говорится, что используется принцип наследования. 80% оборудования и программного обеспечения, которое имелось ранее - его трогать нельзя. То есть для того чтобы решать какие-то задачи в области создания эффективных средств КБО ИМА приходится что-то делать. Дмитрий Валерьевич докладывался у нас на научно-техническом семинаре, и мы про целевую функцию очень долго спрашивали и потеряли много времени. Вот если бы эта целевая функция была бы четко, сформулирована, не триедино как здесь написано, а была бы, например, направлена на устранение недостатков, которые имеются в проектировании современном, в автоматизации проектирования, тогда было бы все понятно. Тогда преимущества, которые разработка дает, а их написано около 8 штук были бы привязаны. Потому что устраняются недостатки и достигается цель. Тогда можно было бы иметь слайд на котором «задача - решение, задача - решение». Все задачи, которые поставлены - они решены. Смотрелось бы это лучше. Я с УКВП немножко сталкивался. Раньше решали мы общие задачи, выполняли договорной НИР. Когда первый раз попал в стенд кабины пилота, я увидел довольно любопытные вещи. Я увидел три процессора и три экрана. Все функции были укрупнены и разделены. Это летная обстановка, погода и состояние двигателей, оборудования, которое обеспечивает полет. Все функции были разбиты на три группы, и они были привязаны к своим процессорам. Я начал диссертацию читать, я про это вспомнил. И сейчас, когда здесь решается задача оптимизации, ну оптимизации конечно самого процесса проектирования. Оптимизация построения такого судна у которого была бы высокая отказобезопасность и конечно низкий массогабарит. Вот эти две самые важные проблемы, они стоят перед авиацией. Это массогабариты - уменьшить вес, уменьшить расход потребляемого топлива. И отказобезопасность. Отказобезопасность - мы все знаем, что три девятки есть где: первое - это наземный транспорт, второе - это воздушный транспорт и третье - медицина. В трех местах требуется обязательное достижение этих требований. По массогабаритам - эта задача стояла здесь всегда. И мне хотелось бы в этой диссертационной работе чтобы цель, которая была сформулирована, была привязана к этим массогабаритам. Но вот здесь массогабариты, они привязаны к крейтам. Крейт - это каркасы в которые модули вставлены. Стандарты, про которые вы здесь упоминали, они говорят - модули не трогай, модули - это функция. А ему что пришлось сделать? Сам процесс проектирования менять невозможно - нельзя. А на верхнем уровне, на уровне эскизного проектирования можно манипулировать функциями. Манипулируя

функциями, я упрощаю задачу, которую он ставил, манипулируя этими функциями уменьшает их количество, сохраняя их виды и сохраняя их точность решения кое-чего добивается. Уменьшая количество сходных функций другими функциями, которые называются замещающими, мы уменьшаем в конце концов в этих крейтах пространство, потом эти крейты можно в конце концов просто структурно соединить, уменьшить. Вот мне казалось такая задача проектирования должна у него быть. Но у него она немножечко по-другому представлена в работе, но тем не менее тоже все начинается с функций. Когда я начал эту работу смотреть, меня конечно немножко задело то, что введено понятие «структура функций». Новое понятие вводятся только тогда, когда старое понятие уже не обеспечивает решение задачи. И я увидел, что автору тоже это не нравилось. В конце концов он привел много разных гостей, в которых определял, что такое структура, функции и так далее. Он написал, что вводит на основе приведенных определений архитектуры понятие – структура функций. Структура функций будет определяться через архитектуру функций системы и – это базовая структура устройства, воплощенная в ее функциях и их взаимоотношениях между собой. И везде по диссертации эта «структура функций». Как-то глаз спотыкается, я не знаю, может мое личное мнение, но ведь это по сути дела функциональность. Что такое структура? Структура системы функций может быть, а структура функций? Вот есть понятие функциональность, функционал. Вот он о нем начал говорить. И есть наконец очень хорошее понятие – функциональный облик системы. Сейчас очень ходовое понятие. Функционально-структурный, функционально-алгоритмический облик системы. Мне кажется это здорово подошло бы. Функциональность – это тот набор функций, который система бортовая должна решать, обязательно. И вот в рамках этой функциональности он решал свои основные задачи поиска, группирования и т. д. Это функционально-структурный подход, который был раньше. Принят при проектировании систем был функционально-структурный, а есть структурно-функциональный подход. Все они привязаны к решению задач рассмотрения общего набора функций: структуризация, декомпозиция, иерархирование, и т. д. – разные принципы, которые позволяют задачу решить. Работая с набором функций и структурируя вот эту систему функций, он задачу уменьшения количества функций, которые повторяются решил путем группирования, иерархирования, введением иерархического превосходства структуры функций над программным обеспечением. В работе задачи не мешало бы сформулировать так, чтобы целевая функция касалась и уменьшения массогабаритов и повышения отказобезопасности. Но отказобезопасность тоже трогать нельзя. Решается она путем резервирования – горячего, холодного. Мы знаем, что в авиации резервирование – это тройка. Горячий, холодный резерв, само работающее оборудование. Что я еще хочу сказать по самой работе. В самой работе, когда он докладывался мы спрашивали. Вот целевая функция, которая предложена – если ей пользоваться на практике, то пределы тех параметров от которых у нас все зависит просто написаны – дельта М, дельта К, а какие пределы? Есть коэффициенты а, б, ц. Когда мы спрашивали его, а кто эти коэффициенты определяет, он сказал «эксперт». А эксперт кто? А тот, кто работает. Как-то странно довольно-таки. И значит целевую функцию, вот он нам показал ее, там минимум получился у него 275. Мы спрашиваем – 275 это хорошо или плохо? В данном случае хорошо. Хотелось бы чтобы целе-

вая функция была каким-то количественным показателем. Потом – на 10–20% лучше, чем какие-то средние значения. Но все это сделано на одном эксперименте, когда он взял набор базовых функций и для него провел исследования согласно своего подхода. У него получилось отклонение на 10–20%. Он сказал, что здесь это исследовательский момент, подтверждающий его теорию. Еще я хотел сказать, что работа которую он начал выполнять, ни каждый бы взялся делать. Потому что жесткие ограничения связаны с проектированием всех этих систем – они бьют по рукам. Влево, вправо нельзя шагнуть, а только строго делай вот это, это и это. Такие весьма жесткие ограничения были у него, но он взялся. Он взялся и задачу собственно решил. Его квалификация помогла ему это сделать. И еще я хотел добавить. Он говорит, что создал процедуру проектирования, и она может быть использована на практике. Но на практике опять-таки все процедуры типизированы – эскизный этап, второй этап проектирования структуры и так далее. Примут ли его в работу реальные разработчики или нет? В качестве чего она будет? Я думаю, что это просто научная работа, научно-практического направления, которая может служить ориентиром того, что можно сделать, а вот вводить этапы проектирования, наверное, не удастся. Но я считаю, что работа выполнена. Есть у меня замечания по этой работе, я сейчас их зачитаю.

Первое – это введенное автором понятие «структура функций» не совсем удачно. Имеется ряд устоявшихся понятий таких, как например, «функциональность», «функционально-структурный подход», «функциональное покрытие системы» и ряд других, которые близки по смыслу. Последние обеспечивают своей содержательностью те объекты и процессы, которые используются при формулировке задачи структуризации основных функций КБО ИМА.

Второе замечание – не ясно на каком этапе проектирования рекомендуется использование предложенной в работе модели процесса проектирования КБО ИМА и как это влияет на получаемый результат.

Третье замечание – задача оптимизации структуры функций КБО отнесена к классу NP-полных, однако известно, что их решение требует больших вычислительных ресурсов и временных затрат. Перед переходом к разработке методов упрощения задачи и частных алгоритмов ее решения следовало бы получить оценку трудоемкости для типовых размеров исходных данных. Это дало бы возможность оценить снижение трудоемкости решения разработанными алгоритмами и эффективность предложенного подхода.

Четвертое замечание – в диссертации указано, что предложенными алгоритмами определяется «локально-оптимальная структура функций КБО», отвечающая заданным требованиям, но анализа полученного, например, в главе 4, на рисунке 32 решения не проведено. Так, например, в силу формальности получаемого решения близкие по смыслу функции «Автоматическая стабилизация барометрической высоты полета» и «Автоматическая стабилизация углового положения» оказались в разных группах.

И пятое – в диссертации нет подробного описания САПР, разработанной на основе полученных в диссертации решений, и используемой в ООО НПП «Цифровые радиотехнические системы» г. Санкт-Петербург, поэтому затрудняется оценка варианта практического решения.

В заключение хочу сказать, что в целом рецензируемая диссертация является целостной, завершенной научной квалификационной работой в которой изложены научно обоснованные технические решения по

проектированию комплексов бортового оборудования, построенных на принципах интегральной модульной авионики. С учетом актуальности, научной новизны, практической ценности полученных научно-технических результатов, достоверности и обоснованности, уровня апробации, опубликования и реализации диссертация соответствует критериям положения о присуждении ученой степени предъявляемых к кандидатской диссертации. А ее автор Хакимов Дмитрий Валерьевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.12 – системы автоматизации проектирования.

(Отзыв прилагается).

Председатель

Спасибо Алексей Аркадьевич. Соискателю предоставляется слово для ответа на замечания оппонента.

Соискатель

Ответ на первое замечание – вообще изначально в работе использовался термин архитектура функций, но в процессе предварительного обсуждения было принято решение термин архитектура изменить на структура. Соответственно и получилось понятие структура функций. Хотя действительно по сути этот понятия во многом схожи с указанными в замечании, поэтому в принципе я согласен, что можно было использовать и данные формулировки.

Ответ на замечание второе – модель используется на этапе эскизного проектирования комплекса. И позволяет выделить, формализовать, провести оптимизацию и по полученным данным сконфигурировать конструктивно независимые ПО и АО комплекса.

Ответ на замечание №3 – размерность исходных данных определяется размерностью графа первичной структуры функций комплекса. А его размерность в свою очередь определяется такими факторами как тип ВС, его целевое назначение, перечень серийных систем в составе комплекса и степень декомпозиции функций. Все это приводит к изменению размерности исходных данных в очень большом диапазоне и аналогичному изменению трудоемкости. Я затруднялся выбрать какие-либо показатели размерности исходных данных, поэтому такую оценку не делал.

Ответ на замечание четвертое – близкие по смыслу функции «Автоматическая стабилизация барометрической высоты» и «Автоматическая стабилизация углового положения» оказались в разных группах по той причине, что для их выполнения требуются различные исходные данные. А это является объективной причиной такого распределения. Поэтому называть на основе данного факта решение формальным, я бы сказал не очень корректно.

С пятым замечанием согласен.

Председатель

Хорошо, спасибо. Слово для отзыва предоставляется официальному оппоненту – **к.т.н. Камалову Леониду Евгеньевичу.**

к.т.н. Камалов Л.Е.

Добрый день уважаемые коллеги. По работе нашего соискателя мне хотелось бы сказать несколько слов. Достаточно подробный отзыв Алексей Аркадьевич привел – первый оппонент. Но все же я со своей точки зрения хотел указать, что соискатель решает новую задачу,

которая по сути дела ранее в авиации не стояла. Авиация достаточно консервативной отраслью является. Как мы видим 80% проектных решений оставьте, не трогайте, если они работают. Однако про них совершенно не известно на сколько они качественные, на сколько они оптимальны и на сколько они хороши. Может быть от них вообще следует отказаться в виду современных тенденций и нового подхода, который появляется в проектировании бортовой радио аппаратуры. При этом сроки проектирования, сроки выдачи нового комплекта документации, а также летного образца нового самолета постоянно сокращаются. В частности, авиастроительная корпорация говорит, что 3 года вам уважаемые проектные бюро и самолет должен полететь. То есть через 3 года они должны выдать новый летный образец. В связи с этим инструменты проектирования должны развиваться. Чтобы люди могли более подробно, более удобно и более качественно, правильно, с первого раза проектировать и структуры функций, и аппаратное обеспечение и программное обеспечение. В данной работе важным считаю то, что есть попытка формализовать данный проектный процесс и оценить проектный результат, который получают проектировщики и эксперты, прозвучавшие в данной работе. Причем, когда мы называем людей экспертами, мы имеем в виду их большой опыт. Однако большой опыт базируется на тех 80% проектных решений, которые мы не должны трогать. По сути дела, а как оценить эксперта, как его привлечь – здесь очень высока доля субъективности, от которой все-таки следует отходить немного дальше, но безусловно сохраняя преемственность рабочих решений. Работе не хватает формальной постановки. Несмотря на то, что есть модель процесса по нотации IDEF0, процесс проектирования недостаточно подробно декомпозирован. Непонятно какие действия проектировщик совершает на том или ином этапе, с чего начинается, чем все это должно закончиться. Но при этом есть входные данные, выходные данные, то что соискатель вывел из тех нормативных документов, которые в изобилии сегодня издаются в связи с новой концепцией технологического развития России. Это тоже является важным преимуществом данной работы. Кто-то взял на себя ответственность, взял на себя работу прочитать все эти документы, вытащить из них смысл, формализовать, посмотреть, как все это ложиться на реальные задачи, на реальные процессы проектирования и попытаться как-то все это оценить. Считаю, что актуальность данной работы очень высокая, поскольку она, во-первых, тянет вперед консервативную авиационную отрасль России. Она тянет вперед и технологическое развитие России, и она укладывается в концепцию новой индустрии 4.0 – концепцию цифровизации. Считаю надо тему данной работы и все что вокруг нее обсуждать шире и больше, поскольку наш соискатель приводит такие факты, что по сути дела в открытой печати не обсуждается проектирование интегральной модульной архитектуры. По приведенной работе есть ряд замечаний, я их в зачитаю.

Во введении указано, что применение алгоритмов построения и оптимизации структуры функций КБО, которые разрабатываются, «приводят к снижению количества ошибок, снижению трудозатрат, снижению временных затрат. Однако по тексту работы мы не видим примеров таких ошибок и как они устраняются и как разработанные средства помогают их снизить

В первой главе диссертации проведен подробный анализ архитектур КБО и средств САПР, применяемых при проектировании КБО, но

опять же анализа научно-технических работ Российских, зарубежных публикаций нет, не проводится.

Одной из основных идей диссертации является автоматическая оптимизация структуры функций КБО, обо что и у меня конечно тоже спотыкался глаз всю дорогу, предлагаются модели, алгоритмы и критерии для этого, но при этом в соответствии с «Диаграммой процесса проектирования и оптимизации структуры функций КБО», на рисунке 27, выбор окончательного варианта структуры производит некая «экспертная группа». На основании каких критериев, по каким методикам и из какого набора вариантов будет делать выбор экспертная группа в диссертации не указано.

Четвертое замечание – выражение (14) в диссертации описывает целевую функцию оптимизации структуры функций, но параметр ДЕЛЬТА, который указан в числителе каждого слагаемого формулы, его смысл не указан.

При представлении моделей процессов (модель этапа эскизного проектирования КБО, модель этапа формирования требований процесса оценки безопасности, модель этапа верификации процесса оценки безопасности и др.) разработанных в диссертации, использована графическая нотация, похожая на IDEF0, однако требования данного стандарта не до конца выдержаны – отсутствуют входы управления и механизмов. Для большей формализации разработанных процессов необходимо воспользоваться данной методологией функционального моделирования в полной мере.

В работе при построении структуры функций КБО используется «условный коэффициент вычислительных ресурсов в виде целого числа от 1 до 100». Данный параметр позволяет оценить только общую тенденцию изменения вычислительной сложности, и не привязан к реальным характеристикам аппаратного обеспечения. Поэтому определить по нему каким должны быть характеристики у процессора вычислительного модуля нельзя и непонятно как в таком случае выбрать требуемые вычислительные модули, их количество, требуемый объем оперативной памяти.

Текстовая составляющая первой главы диссертации избыточна, многие подробно изложенного материала и много материала по историческому развитию архитектур построения КБО можно было заменить краткой характеристикой со ссылкой на соответствующие источники.

При этом диссертация Хакимова Д. В. является законченной научно-квалификационной работой и может быть квалифицирована как совокупность научно обоснованных математических и алгоритмических решений, направленных на решение важной научно технической задачи. Работа выполнена на достаточно высоком уровне, снабжена необходимым количеством рисунков, снабжена необходимым количеством таблиц. Содержание автореферата отражает основные положения работы соискателя. Представленная Хакимовым Д. В. работа по актуальности, научно-техническому уровню, практическому значению отвечает требованиям предъявляемым ВАК к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук. И считаю соискатель заслуживает присуждения данной ученой степени. Спасибо.

(Отзыв прилагается).

Председатель

Спасибо Леонид Евгеньевич. Слово для ответа на замечания оппонента предоставляется соискателю.

Соискатель

Примером ошибки, которая может быть совершена на ранних стадиях проектирования является, допустим, неоптимальная структура функций, что приведет к определенным изменениям соответственно структур программного и аппаратного обеспечения. Такие ошибки являются крайне сложно, а их исправление порой требует фактически провести всю разработку заново.

Ответ на 2 замечание - краткий обзор научно-технических работ со ссылками на источники представлен в третьей главе перед тем как производиться анализ применимости существующих комбинаторных алгоритмов.

Ответ на замечание №3 - предполагается, что экспертная группа будет выбирать только весовые коэффициенты целевой функции, а алгоритм будет формировать один соответствующий оптимальный вариант конфигурации.

Ответ на 4 замечание - действительно, к выражению (14) пояснений о том, что такое дельта нет, но данное выражение далее принимает вид выражения (15), к которому соответственно добавляются выражения (16,17,18), которые показывают, что такое дельта и как оно вычисляется.

Ответ на замечание №5 - при построении моделей процессов проектирования графическая нотация IDEF0 не смотря на некоторые явно видимые сходства, как таковая не использовалась. Модель, построенная по нотации IDEF0 была бы не совсем применима в данном случае.

Ответ на замечание №6 - известен ряд работ, в которых оценка производительности вычислителей производится методов сравнения с эталоном на основании соответствующего цифрового коэффициента производительности. Далее в них этот коэффициент пересчитывается в несистемную единицу измерения FLOPS, по которому уже можно определить параметры вычислителя. В работе есть ссылки на соответствующие работы.

С замечанием №7 согласен.

Председатель

Спасибо. Коллеги, переходим к обсуждению. Кто хочет выступить?

д.т.н. Ташлинский А.Г.

Было очень много вопросов, очень длительная защита. Не на все вопросы получили ответы, кое-какие остались в воздухе. Какие-то вещи резали слух, например - более оптимальны. Оптимальность как беременность - она либо есть, либо нет. Либо оптимально, либо нет. В целом с оценкой работы я полностью согласен с Алексеем Аркадьевичем, который сказал вплоть до названия. Я сразу написал - оптимизация функционального покрытия комплекса. Соискатель держался хорошо. Он согласился из множества замечаний только в двумя. С остальными категорически не согласен. Он держался хорошо, поэтому я буду голосовать за.

Председатель

Пожалуйста Константин Константинович.

д.т.н. Васильев К.К.

Мы часто встречаем практика, человека который разрабатывает конкретные системы, либо теоретика, который любит теоретизировать.

Я честно говоря, Дмитрий Валерьевич, так и не понял. Он кто? Потому что с точки зрения практики я не увидел конкретных систем, конкретных реализаций, конкретных структур систем проектирования. С точки зрения теории, математический аппарат который был представлен, ну понятно сделать линейную целевую функцию... кстати целевая функция мне вообще не понятна. Она что сама по себе-то? Я первый раз в жизни, наверное, чтобы была целевая функция не рубли, не проценты, эффективность в чем-то там. И никто не смог сегодня, не смотря на всю дискуссию выяснить, а что же это такое? Что же по оси отложено у этого графика. Если уж делать такие вещи, представлять математически, так будьте добры тогда аккуратно запишите. Пусть не линейные, но какие-то ограничения. Если нет, не надо тогда, потому что у нас из-за этого дискуссия и возникла, из-за непонимания. Потому что Дмитрий Валерьевич ни теоретик, но и не практик. Но разобрался и многие вещи представил нам всем очень интересно. В частности, эти новые подходы к проектированию на первых этапах. Ну действительно – интересная задача, которая может быть решена. Наверное, она в будущем найдет применение. С этой точки зрения, хоть я и не знаю кто перед нами, я считаю, что его можно назвать теоретиком. Я буду голосовать за.

Председатель

Спасибо Константин Константинович. Коллеги, кто хочет высказаться? Пожалуйста Виктор Николаевич.

д.т.н. Негода В.Н.

Когда эксперт или проектировщик выбирает коэффициенты a, b, c , тогда никакого сомнения нет, что если он вынужден будет обосновать их выбрать, то проникнет в суть задачи так, что проектное решение он уже сделает без модели. Я в этом убежден. В этих условиях вообще очень тяжело казалось бы голосовать за. Но я буду голосовать за. И вот почему. Мне в пришлось столкнуться с несколькими диссертациями, по одной я был оппонентом, а потом по инерции как-то читал авторефераты, диссертации, связанные с функциональной декомпозицией. Здесь речь идет о структурно-функциональном проектировании авионики. Функциональная декомпозиция – это очень добротные решения все. Формализм и все такое. Чаще всего это распределенная система, где речь идет о минимизации трафика. Там критерии оптимума понятны и т. д. Очень добротные, как квалификационные работы просто великолепны и с точки зрения теории и точки зрения этой вот критериальной практики, но совершенно не применимы в жизни. Исходя из тех 80%, которые он написал и исходя из того, что эти устойчивые решения. И из того что реально никто не захочет функцию, которая активно с чем-то взаимодействует, перетаскать туда же, чтобы она была внутри, потому что это противоречит декомпозиции, которую человек принял. Там есть другие критериальные параметры. Мы сталкиваемся с сложно формализуемой задачей. Структурно-функциональное проектирование с учетом тех вещей, которые он затрагивает – это сложно формализуемая задача. Здесь смесь теории и практики должна быть увеличена. Я буду голосовать за в расчете на то, что он в этом увлечении свой вклад внесет.

Председатель

Спасибо. Коллеги, кто еще желает высказаться? Пожалуйста Иван Федорович.

д.т.н. Дьяков И.Ф.

Не вызывает сомнений что тема действительно актуальна. При том речь идет о самолетах. Мне хотелось замечания сделать. Поставлено 8 задач – это обычно в докторской диссертации пишут 8 задач. Это просто расшифрованные мелкими кусками задачи. Здесь нужно их объединить и в общем поставить 4 задачи. Вторая глава сразу начинается с руководящих материалов. Во второй главе должна быть разработана теория, излагать нужно теоритические предпосылки. В третьей главе приводятся специализированные функции, вычислительные функции и так далее. Автору конечно хотелось отметить какую-то эффективность, результаты. Но эффективность надо показывать все же в цифрах. А цифр не было. Я считаю, что это законченная научная работа и научная новизна, практическая значимость соответствуют требованиям. А автор заслуживает присуждения звания.

Председатель

Спасибо. Коллеги, есть еще желающие? Нет? Коллеги, я тоже хочу сказать не много, потому что мы очень много и очень хорошо сегодня обсудили. Эту работу можно было изложить просто и понятно. В авиацию пришла интегральная модульная авионика, а все системы, в том числе САПРовские на уровне компоновки приборов и вычислителей остались от старых архитектур. Из архитектуры, когда компоновался борт из того что есть, и до федеративных систем, когда компоновались системы и между ними строились интерфейсы. Теперь у нас есть модуль, шкаф, шасси, мы можем там расположить платы и так далее. У нас есть много унифицированных вычислителей и модули приборного исполнения. Теперь мы должны научиться проектировать новый борт исходя из того, что наша элементная база и устройства другие. САПР, учитывающих эту самолетную или вертолетную тематику нет. Поэтому есть сапровская задача – породить такие средства автоматизации. У него есть картинка, если вы помните, борт №1 – так сказать традиционный, борт как федеративная система и затем борт на основе интегральной модульной авионики, как он выглядит для пилота. И еще одна картинка, где крейт изображен с точки зрения своей функциональной структуры. Какие модули на этих шасси стоят и как совместить эти две вещи. В функциях, в декомпозиции проектировщик не свободен, есть регламенты. Регламенты названы. И функции названы – формирование информации, определение высоты, а затем корректировка высоты и т. д. Есть алгоритмика, есть измерения. Их нужно компоновать, с учетом регламентов. Эту задачу надо решить. К ее решению он точно приблизился, потому что в начале всего должна стоять схема функциональной декомпозиции. И архитектура не архитектура, потому что это уже больше структурная вещь, на уровне устройства. Схема декомпозиции функций – ее надо во главу угла положить. Он и положил ее во главу угла и построил определенные модели, которые говорят, что при такого рода интегральной модульной авионике этап работы с функциональной декомпозицией должен быть отдельно выделен и отдельно решен. Задача сверх актуальная. На слуху укороченный суперджет. Было 100 мест, должно стать 75. Но и борт должен смениться по программе импортозамещения. Он будет строиться по принципу интегральной модульной авионики. И таких задач масса. Таким образом нужно проектировать и борт беспилотника и там тоже будет нужна своя функциональная схема. Она тоже будет строиться исходя из определенных модулей авионики. Развиваться дальше этой работе

есть куда. Мне кажется, что имея достаточно хорошо построенный иллюстративный материал нужно объясняться нашему соискателю лучше, точнее для того чтобы ваши слушатели не производили столько интеллектуальных усилий для того чтобы вас понять. Во всем остальном, с учетом всех сделанных замечаний, данная работа является научно-квалификационной работой, решившей научно-техническую задачу и имеющую перспективу. Поэтому я буду голосовать за эту работу. Считаю, что у нее есть продолжение.

Коллеги, еще кто-то хочет выступить? (нет)

Соискателю предоставляется заключительное слово.

Соискатель

Сегодня я услышал много мнений. Мнения были разные. И когда мнения совпадали я понимал, что сделал правильно. А когда по какому-то вопросу мнения начинали расходиться я понимал, что здесь требуется еще что-то доработать. И в дальнейшей работе я обязательно обращаю вот на эти моменты особое внимание и постараюсь их устранить. В общем и целом, выражаю свою благодарность за то, что вы меня послушали. Спасибо.

Председатель

Хорошо. Коллеги, переходим к голосованию. Какие будут предложения по составу счетной комиссии? Поступили предложения включить в состав счетной комиссии Ташлинского А. Г., Дьякова И. Ф., Афонасьева А. Н.

Прошу голосовать. Возражений нет.

Прошу счетную комиссию приступить к работе.

(Счетная комиссия организует тайное голосование.)

Председатель

Коллеги! Продолжаем нашу работу. Слово предоставляется председателю счетной комиссии Ташлинскому Александру Георгиевичу.

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 - 12 , против - 2 , недействительных бюллетеней - нет) диссертационный совет Д212.277.01 при Ульяновском государственном техническом университете признает, что диссертация **Хакимову Д.В.** содержит новые решения в автоматизации проектирования структуры функций комплексов бортового оборудования, построенных на принципах интегральной модульной авионики, соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям (п.9 "Положения" ВАК), и присуждает **Хакимову Дмитрию Валерьевичу** ученую степень кандидата технических наук по специальностям **05.13.12.**

Председатель

У членов Совета имеется проект заключения по диссертации **Хакимову Д.В.** Есть предложение принять его за основу. Нет возражений? (Нет). Принимается единогласно.

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, СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФГБОУ ВО «УЛЬЯНОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ» ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 11.04.2018 № 4

О присуждении Хакимову Дмитрию Валерьевичу, гражданину РФ ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Автоматизация проектирования структуры функций комплексов бортового оборудования, построенных на принципах интегральной модульной авионики» по специальности 05.13.12 – системы автоматизации проектирования принята к защите 28.12.2017 (протокол заседания № 11) диссертационным советом Д212.277.01, созданным на базе ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный технический университет», 432027, г. Ульяновск, ул. Северный Венец, 32, приказ № 105н/к от 11.04.2012.

Соискатель Хакимов Дмитрий Валерьевич 1990 года рождения в 2012 году окончил ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный технический университет», работает инженером в ООО «НПП «Цифровые радиотехнические системы» г. Санкт-Петербург.

Диссертация выполнена в ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный технический университет» на кафедре «Измерительно-вычислительные комплексы».

Научный руководитель – доктор технических наук, Киселев Сергей Константинович, доцент, заведующий кафедрой «Измерительно-вычислительные комплексы» ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный технический университет».

Официальные оппоненты:

– Смагин Алексей Аркадьевич, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Телекоммуникационные технологии и сети» ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный университет»;

– Камалов Леонид Евгеньевич, кандидат технических наук, специалист по комплексным ИТ-решениям ООО «Региональный центр АС-КОН-Волга»;

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация ФНПЦ АО «Научно-производственное объединение «МАРС», г. Ульяновск в своем положительном отзыве, подписанном

Павлыгиным Эдуардом Дмитриевичем, кандидатом технических наук, первым заместителем генерального директора по науке – начальником КНИО-2 указала, что диссертация является законченным научным исследованием, которое по актуальности, научным и практическим результатам и их значимости соответствует требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям.

Соискатель имеет 10 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 10 работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 3 работы.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Хакимов, Д. В. Оптимизация структуры комплексов бортового оборудования летательных аппаратов на основе оптимизации функциональной структуры на ранних стадиях проектирования / Д. В. Хакимов, С. К. Киселев // Электротехнические и информационные комплексы и системы. – 2016. – №2. – С. 65-69.

2. Хакимов, Д. В. Оптимизация функциональной структуры комплексов бортового оборудования летательных аппаратов / Д. В. Хакимов, С. К. Киселев // Автоматизация процессов управления. – 2016. – №2. – С. 87-92.

3. Хакимов, Д. В. Оптимизация архитектуры функций комплексов бортового оборудования на основе интегральной модульной авионики / Д. В. Хакимов, С. К. Киселев, В. М. Кондаулов // Автоматизация процессов управления. – 2017. – №3. – С. 22-30.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

1. АО ОКБ «Электроавтоматика», г. Санкт-Петербург. Отзыв подписал: Жаринов И. О., доктор технических наук, профессор, руководитель учебно-научного центра – ученый секретарь научно-технического совета. Замечания:

– В диаграмме процесса проектирования (см. стр. 16) автор полагается в решении задачи выбора оптимального варианта структуры функций комплекса бортового оборудования на мнение экспертной группы, что, очевидно, вносит определенный субъективизм в формируемое проектное решение. Поиск экстремума целевой функции и учет характеристик распределения функции выбора способствовали бы получению более точных оценок.

– Автор использует (см. стр. 17) фигуру речи «... более оптимальное на 10-20%», что с научной точки зрения является некорректным высказыванием, так как при наличии критерия процедура оптимизации предполагает получение одного наилучшего (оптимального) решения.

2. Чистопольский филиал «Восток» Казанского национального исследовательского технического университета им. А. Н. Туполева, г. Чистополь. Отзыв подписал: Прохоров С. Г., кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Приборостроение». Замечания:

– В тексте автореферата нет объяснений почему для представления структуры функций принята именно графовая модель, в чем ее преимущество перед другими, например, деревом, которое также достаточно часто используется в подобных задачах.

– Проведенное исследование показало наличие параметров структуры функций КВО, которые повышают оптимальность решения до 20%, но какова закономерность данных сочетаний и выявлена ли она указано.

– В названии диссертации и по тексту работы в отношении авионики используется термин «интегральная», хотя такой термин и

встречается в ряде работ по тематике, но более широко принят термин «интегрированная».

3. АО «Раменский приборостроительный завод», г. Раменское. Отзыв подписал: Васильев Д. В., кандидат технических наук, заместитель генерального конструктора. Замечания:

- В описании 3 главы указано, что «предложено разделение АО комплекса на две группы: - специализированное АО; - универсальные вычислительные модули (ВМ)», но данное деление исходно присутствует, и автор не мог его предложить.

- В автореферате нигде явным образом не описаны условия отнесения нескольких функций КБО к одной группе, признаки функций на основе которых это происходит.

4. АО «Аэроприбор-Восход», г. Москва. Отзыв подписали: Гаврилов П. Ф., кандидат физико-математических наук, ведущий конструктор; Кошелев А. А., заместитель главного конструктора по науке и инновационному развитию. Замечания:

- В автореферате не приведены результаты исследования зарубежных и отечественных специалистов в части проектирования КБО ИМА.

- Не показаны приблизительный объем и перечень аргументов и значений функций комплекса для приведенного примера.

- Не показано в автореферате, какие именно характеристики технических решений КБО ИМА могут быть использованы при оптимизации структуры функций.

5. ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет имени А. Н. Туполева-КАИ», г. Казань. Отзыв подписал: Солдаткин В. М., доктор технических наук, профессор, ведущий кафедрой «Приборы и информационно-измерительные системы», заслуженный работник высшей школы РФ, заслуженный изобретатель Республики Татарстан. Замечания:

- Не сформулирована цель работы, а представленные задачи отражают полученные в диссертации результаты, а не решаемые задачи.

- Не совсем понятно, как в разрабатываемой системе автоматизации структуры функций комплекса бортового оборудования учитываются особенности объекта авиационной техники - самолета, вертолета и др.

- Не понятно, в каком виде формируется минимальная структура функций комплекса бортового оборудования в алгоритме, приведенном на рисунке 3.

- Не ясно, как на диаграмме рисунка 5 реализуется оптимизация структуры функций комплекса бортового оборудования. Не понятно, как задается критерий оптимальности.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их компетентностью в области исследования по теме диссертации, подтверждаемой публикациями в рецензируемых научных изданиях.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

- предложено в общий процесс проектирования ввести обособленную процедуру проектирования структуры функций комплекса бортового оборудования интегрированной модульной авионики (КБО ИМА);

- определен состав процедуры проектирования структуры функций комплекса, она формализована и типизирована;

- разработана математическая модель структуры функций КБО, которая связывает множество входных и выходных параметров функций и их групп, необходимые для их реализации вычислительные мощности, нагрузку на сеть передачи данных и позволяет определять основные параметры аппаратного и программного обеспечений КБО;

- предложена формулировка задачи оптимизации структуры функций, разработаны критерии оценки оптимальности и сравнения различных вариантов конфигурации структур функций комплекса;

- разработан алгоритм построения структуры функций, который позволяет автоматизировать данный процесс при проектировании КБО ИМА и решить задачу поиска оптимальной по заданным характеристикам структуры и частные алгоритмы минимизации количества функций и формирования групп функций в структуре;

- доказано существование оптимальных структур функций комплекса, снижающих на 10-20% требования к техническим характеристикам аппаратного и программного обеспечений КБО ИМА.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

- введение обособленной проектной процедуры построения структуры функций КБО ИМА в общем процессе проектирования позволило формализовать и типизировать ее, предложить математическое описание и алгоритм построения;

- впервые предложена и обоснована постановка задачи достижения заданных функциональных характеристик КБО ИМА через оптимизацию структуры функций, впервые предложены критерии оценки оптимальности и сравнения различных вариантов структур функций комплекса;

- алгоритм построения структуры функций позволяет автоматизировать данный процесс при проектировании любого сложного аппаратно-программного комплекса;

- установлено существование оптимальных структур функций КБО ИМА, позволяющих минимизировать требования к аппаратному и программному обеспечениям комплекса.

Применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов) использованы принципы композиционного проектирования, теории алгоритмов, теории и методы САПР, теория надежности.

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

- возможно применение результатов исследования (моделей, алгоритмов, результатов вычислительных экспериментов) для создания средств САПР структуры функций КБО ИМА на этапе эскизного проектирования;

- применение алгоритма построения и оптимизации структуры функций КБО позволяет определить оптимальную структуру функций на этапе эскизного проектирования комплекса, снизить количество ошибок, совершаемых на ранних стадиях проектирования и, соответственно, сократить трудозатраты на их устранение;

- процесс построения и оптимизации структуры функций КБО позволяет произвести первичную оценку уровня отказобезопасности в соответствии с «Руководством Р-4761 по методам оценки безопасности систем и бортового оборудования воздушных судов гражданской авиации» и «Руководством Р-4754 по сертификации сложных бортовых систем воздушных судов гражданской авиации» до завершения процессов эскизного проектирования и сформировать требования по применению

