

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д212.125.11 НА БАЗЕ
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ «МОСКОВСКИЙ АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»
МИНИСТЕРСТВА ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА
НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 29.12.2014 № 14

О присуждении Константинову Александру Андреевичу, гражданину РФ, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Исследование и разработка измерительно-информационного и управляющего комплекса для полунатурного моделирования полета летательного аппарата» по специальности 05.11.16 - «Информационно-измерительные и управляющие системы (авиационная, ракетно-космическая техника и кораблестроение)» принята к защите 28.10.2014, протокол №10, диссертационным советом Д 212.125.11 на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» Министерства образования и науки РФ, 125993, Волоколамское шоссе, д.4, г. Москва, А-80, ГСП-3. Приказ о создании диссертационного совета №714/нк от 02.11.2012 г. Приказ о внесении изменений в состав совета №420/нк от 15.07.2014 г.

Соискатель Константинов Александр Андреевич 1988 года рождения, окончил Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» в 2011 году по специальности «Приборы и измерительно-вычислительные комплексы», с 2011 года является аспирантом очной аспирантуры и работает инженером (по совместительству) в отделе автоматизации экспериментов научно-производственного комплекса

вычислительной техники и информатики Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» Министерства образования и науки РФ.

Диссертация выполнена на кафедре «Приборы и измерительно-вычислительные комплексы» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» Министерства образования и науки РФ.

Научный руководитель - кандидат технических наук, Егоров Александр Александрович, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», заместитель директора по научной работе научно производственного комплекса вычислительной техники и информатики, профессор Академии военных наук Российской Федерации.

Официальные оппоненты:

Смыслов Всеволод Игоревич - доктор технических наук, Федеральное государственное унитарное предприятие «Центральный аэрогидродинамический институт имени профессора Н.Е. Жуковского», Московская область, г.Жуковский, главный научный сотрудник отделения аэроупругости,

Неретин Евгений Сергеевич - кандидат технических наук, Общество с ограниченной ответственностью «ОАК - Центр комплексирования», г.Москва, начальник сектора верификации СУОСО - **дали положительные отзывы на диссертацию.**

Ведущая организация - Открытое акционерное общество «Государственное машиностроительное конструкторское бюро «Вымпел» имени И.И. Торопова» (ОАО «ГосМКБ «Вымпел» им. И.И. Торопова»), г.Москва, в своем положительном заключении, подписанном Правидло Михаилом Натановичем (доктор технических наук, заместитель начальника отделения ОАО «ГосМКБ«Вымпел» им. И.И. Торопова»), Сивцом Дмитрием Викторовичем (кандидат технических наук, главный специалист ОАО «ГосМКБ «Вымпел» им.

И.И. Торопова»), Иващенко Ольгой Викторовной (начальник бригады ОАО «ГосМКБ «Вымпел» им. И.И. Торопова») и утверждённом Ежовым Геннадием Петровичем (кандидат физико-математических наук, заместитель генерального директора по НИОКР ОАО «ГосМКБ «Вымпел» им. И.И. Торопова») указала, что диссертация является законченной научно-квалификационной работой, посвященной решению важной практической задачи разработки измерительно-информационного и управляющего комплекса для полунатурного моделирования полета летательного аппарата, позволяющая повысить быстродействие комплекса, применяя предложенную автором методику, одновременно экономя ресурсы ПЛИС. Работа соответствует всем предъявляемым ВАК требованиям к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.11.16.

Соискатель имеет 2 опубликованные работы, в том числе по теме диссертации 2 работы, из них 2 - опубликованы в рецензируемых научных изданиях.

Публикации в изданиях, входящих в перечень ВАК

1. Егоров А.А., Константинов А.А., Бодунков Н.Е. Разработка алгоритмов и программного обеспечения специализированного блока формирования аэродинамических воздействий для электромеханического моделирования в задачах аэроупругости. // Приборы и системы. Управление. Контроль. Диагностика. 2014. №2, с.33-38.

2. Константинов А.А. Методика реализации уравнений имитатора аэродинамических воздействий на программируемой логической интегральной схеме [электронный ресурс]. // Труды МАИ. 2014. №77. URL: <http://www.mai.ru/science/trudy/published.php>

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

От ведущей организации Открытое акционерное общество «Государственное машиностроительное конструкторское бюро «Вымпел» имени И.И. Торопова». Отзыв положительный.

Замечания по диссертационной работе:

1. В работе недостаточно подробно описаны отдельные пункты методики, применительно к решению задачи разработки измерительно-информационного и управляющего комплекса.
2. В разработанной методике (3 глава) используется несуществующий термин - обратное умножение (в тексте диссертации не разъяснен математический смысл операции - обратное умножение).
3. В тексте диссертации встречаются нарушения правил русского языка - (падежи, неправильные формы глаголов и т.п.).

От официального оппонента Смыслова Всеволода Игоревича, д.т.н., главного научного сотрудника Федерального государственного унитарного предприятия «Центральный аэрогидродинамический институт имени профессора Н.Е. Жуковского», Московская область, г.Жуковский. Отзыв положительный.

Замечания по диссертационной работе:

1. При анализе ряда промышленных систем сбора данных о них сказано, как вообще не соответствующих требованиям задач динамической аэроупругости, в то время как точнее было сказать лишь о более жестких требованиях задачи с ЭММ, решаемой автором.
2. На стр. 5 отмечено «электромеханических» вместо «электродинамических», хотя далее в тексте все верно.
3. Для наглядного рисунка 4.8 (стр.131), основного в оценке временных преобразований, желателен более детальный комментарий и уточнение ссылки на него (в тексте 3.22). Есть и досадный промах на стр. 133, где результат измерения на частоте 2 Гц приведен с 6-ю значащими цифрами (речь идет о погрешности в 0,7%).

От официального оппонента Неретина Евгения Сергеевича, к.т.н., начальника сектора СУОСО Общества с ограниченной ответственностью «ОАК - Центр комплексирования», г.Москва. Отзыв положительный.

Замечания по диссертационной работе:

1. В тексте диссертации недостаточно обосновано применение интерполяции карт распределения ресурса полиномами малых степеней, хотя полученный автором результат сомнения не вызывает.

2. В работе недостаточно подробно описано, как решается задача исключения конфликтов при множественном обращении к разделяемому ресурсу.
3. Автором не указано, на каких типах архитектур ПЛИС можно использовать предложенную в диссертации методику.
4. Результаты проведенного в диссертации сравнительного анализа технических характеристик архитектур различных вычислительных устройств ИИУК для имитатора аэродинамических воздействий в составе ЭММ летательного аппарата не сведены в единую таблицу для удобства восприятия и последующей обработки.
5. В тексте диссертации применяется необщепринятая терминология, например: «временные отсечки вычислителя» (стр.74), «операции деления бинарным сдвигом или обратным умножением» (стр.77), «элементы лицевой панели» (стр.82), «аппаратная ёмкость алгоритма» (стр.84), «в самом низу иерархии системы» (стр.124). Описание применяемых терминов не приведено.

От Открытого акционерного общества «Головное системное конструкторское бюро «Алмаз-Антей» имени академика А.А. Расплетина».

Отзыв составлен начальником отдела 113 ОКБ-1, д.т.н. В.П. Красным.

Отзыв положительный.

Замечания по автореферату:

1. В автореферате недостаточно полно описана архитектура специализированного быстродействующего трехуровневого измерительно-информационного и управляющего комплекса.
2. В автореферате недостаточно подробно представлены пункты разработанной методики проектирования программного обеспечения ИИУК.
3. В тексте имеется ряд редакционных замечаний.

От Открытого акционерного общества «Государственное машиностроительное конструкторское бюро «Радуга» имени А.Я. Березняка».

Отзыв составлен начальником отдела аэродинамики и динамики полета, к.т.н. В.В. Ляпуновым и начальником отдела полунатурного моделирования, к.т.н. С.П. Синецей. Отзыв положительный.

Замечания по автореферату:

1. В тексте автореферата не сказано, имеются ли подобные комплексы в передовых организациях авиастроительной отрасли России.
2. В тексте автореферата не сказано, какова суммарная погрешность измерений и формирования управляющих воздействий на силовозбудители с учетом методических и инструментальных ошибок комплекса.

От Общества с ограниченной ответственностью «Нэшнл Инструментс Рус».

Отзыв составлен руководителем научно-образовательных проектов ООО «Нэшнл Инструментс Рус», к.ф.м.н. И.А. Степаненко. Отзыв положительный.

Замечания по автореферату:

1. В автореферате недостаточно подробно описан общий вид модификации архитектуры комплекса.
2. В разработанной методике введен термин «карты распределения ресурсов», описание которого недостаточно для понимания.
3. При решении аэродинамических уравнений, не указаны методики расчета матричных коэффициентов.
4. В тексте имеется ряд редакционных замечаний.

От Государственного научного центра Российской Федерации – Федерального государственного унитарного предприятия «Исследовательский центр имени М.В. Келдыша».

Отзыв составлен начальником сектора отделения 3 ГНЦ ФГУП «Центр Келдыша», д.т.н. А.Н. Голиковым. Отзыв положительный.

Замечания по автореферату:

1. Не приведен обзор существующих технических решений данной проблемы.

2. В автореферате не сформулирован термин «карты распределения ресурсов» и недостаточно подробно описана процедура их построения (стр.16).
3. Разработанная автором методика создания программного обеспечения для ИИУК с использованием ПЛИС содержит 16 пунктов и недостаточно структурирована для понимания.

От Закрытого акционерного общества «РТСофт».

Отзыв составлен заместителем начальника отдела АСНИ, к.т.н. Ю.Я. Моцкиным. Отзыв положительный.

Замечания по автореферату:

1. Не приведена сравнительная характеристика использования процессоров классических архитектур, с архитектурами DSP, ПЛИС, мультиклетов.
2. В автореферате недостаточно полно описаны отдельные пункты разработанной методики создания ПО с использованием ПЛИС.
3. Недостаточно четко фиксирована терминология (встречаются синонимы в тексте, при оперировании терминами).

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается тем, что официальные оппоненты являются высокопрофессиональными специалистами в данной области, имеют публикации в соответствующей сфере исследования, а ведущая организация является одной из передовых организаций в области производства авиационной техники и обеспечения стендовых испытаний.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработана архитектура информационно-измерительного и управляющего комплекса (ИИУК) на основе анализа технических решений в области обеспечения стендовых полунатурных испытаний с моделированием полета летательных аппаратов и решения задач динамической аэроупругости, отличающаяся физическим разделением сети на две подсети, для исключения возникновения конфликтов потоков экспериментальных и управляющих данных, а также увеличенным быстродействием измерительно-управляющего контура и повышенной степенью надежности контуров измерения и управления за счет

аппаратной реализации решения системы аэродинамических уравнений, входящих в состав метода электромеханического моделирования (ЭММ) на программируемой логической интегральной схеме (ПЛИС);

разработана методика эффективной реализации алгоритма решения аэродинамических уравнений, входящих в состав метода ЭММ, на ПЛИС для обеспечения проведения полунатурного моделирования полета летательного аппарата и решения задач динамической аэроупругости в режиме реального времени (единицы микросекунд) на основе учета ограничений, накладываемых архитектурой ПЛИС и анализа аппаратной ресурсоемкости и быстродействия сформированного набора типовых математических операций, участвующих в расчете этих уравнений;

предложен нетрадиционный подход для эффективной реализации аэродинамических уравнений, входящих в состав метода ЭММ, на ПЛИС, за счет приведения аналоговой формы записи аэродинамических уравнений к дискретной форме с описанием в числах с фиксированной запятой, обеспечивающей управление количеством затрачиваемых аппаратных ресурсов ПЛИС за счет выбора разрядностей реализуемых сформированных типовых математических операций и способов их реализации;

предложен оригинальный подход для уменьшения времени разработки конфигурации ПЛИС, за счет применения разработанной методики эффективной реализации аэродинамических уравнений, входящих в состав метода ЭММ, аналитического расчета задействованных аппаратных ресурсов ПЛИС, без применения процедуры компиляции, на основе построенных математических моделей распределения аппаратных ресурсов ПЛИС для сформированного набора типовых математических операций расчета аэродинамических уравнений, входящих в состав метода ЭММ; построенные математические модели позволяют рассчитать требуемое количество аппаратных ресурсов ПЛИС (логических ячеек, регистров, ядер цифрового сигнального процессора, ячеек памяти) на основании входных данных – разрядностей используемых типов данных, а также размерностей векторов, используемых в расчетах;

доказана перспективность использования разработанных архитектуры и методики программной реализации алгоритма решения аэродинамических

уравнений, входящих в состав метода ЭММ, на ПЛИС при разработке лабораторного стенда для полунатурного моделирования полета летательного аппарата и решения задач динамической аэроупругости; **введено** новое понятие – карты распределения аппаратных ресурсов ПЛИС, отражающие аппаратную ресурсоемкость выбранной математической операции из сформированного набора типовых математических операций, с использованием конкретной библиотеки и её функции.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказана и экспериментально подтверждена возможность прогнозирования количества используемых аппаратных ресурсов и оценки быстродействия конфигураций ПЛИС при программной реализации конкретного алгоритма решения аэродинамических уравнений, входящих в состав метода ЭММ, для обеспечения проведения полунатурного моделирования полета летательного аппарата и решения задач динамической аэроупругости; с целью уменьшения аппаратной ресурсоемкости конфигураций и одновременного увеличения быстродействия предварительно осуществляется анализ каждой выделенной типовой математической операции этого алгоритма;

применительно к проблематике диссертации результативно использованы:

- технические решения в области стендовых испытаний при решении задач динамической аэроупругости, которые позволили провести модификацию архитектур этих комплексов с применением операционных систем реального времени и модулей со структурой «Аналого-цифровой преобразователь – программируемая логическая интегральная схема – цифро-аналоговый преобразователь» (АЦП-ПЛИС-ЦАП);

- метод нахождения наибольшего времени исполнения кода на базе теорий разделов дискретной математики, позволивший решить задачу выбора библиотек и функций, подлежащих реализации для эффективного конфигурирования ПЛИС; **изложено содержание основных этапов разработанной методики** создания конфигурации ПЛИС, основанной на анализе аэродинамических уравнений, входящих в состав метода ЭММ, и учитывающей ограничения, накладываемые архитектурой ИИУК, и особенности реализуемого конкретного алгоритма аэродинамических уравнений;

изложены принципы построения диаграмм ресурсоемкости, отражающих количество ресурсов, используемых при реализации типовых математических операций и интерполяции полученных диаграмм полиномами;

проведена модернизация алгоритмов расчета аэродинамических уравнений, входящих в состав метода ЭММ, за счет приведения их аналоговой формы к цифровой с описанием в числах с фиксированной запятой (заданной разрядности), для их эффективной реализации на ПЛИС.

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

разработана и внедрена технология создания специализированного ИИУК для проведения полунатурного моделирования полета летательного аппарата и решения задач динамической аэроупругости; в интересах авиационной и ракетно-космической отрасли создан специализированный блок формирования аэродинамических воздействий, встроенный в стенд электромеханического моделирования, внедренный в Федеральном государственном унитарном предприятии «Центральный аэрогидродинамический институт» имени профессора Н.Е. Жуковского (ФГУП «ЦАГИ» им. проф. Н.Е. Жуковского);

создана система практических рекомендаций в виде методики конфигурации ПЛИС, основанной на анализе аэродинамических уравнений, входящих в состав метода ЭММ, и учитывающей ограничения, накладываемые архитектурой ИИУК, и особенности реализуемого конкретного алгоритма аэродинамических уравнений, которая базируется на разработанных математических моделях, позволяющих определить количество задействованных аппаратных ресурсов ПЛИС, сформированного набора математических операций для решения системы аэродинамических уравнений, входящих в состав метода ЭММ на основе данных о разрядности операндов и разрядностей векторов, используемых в расчете;

представлены результаты моделирования, подтверждающие корректность перевода аэродинамических уравнений, входящих в состав метода ЭММ из аналоговой формы к цифровой с описанием в числах с фиксированной запятой.

Оценка достоверности результатов исследования позволила сделать следующие выводы:

для экспериментальных работ достоверность корректного перехода к цифровой форме записи аэродинамических уравнений, входящих в состав метода ЭММ, с описанием в числах с фиксированной запятой подтверждается результатами предварительного математического моделирования в среде LabVIEW, а так же использованием сертифицированного измерительного оборудования;

теория базируется на аэродинамических уравнениях метода ЭММ, теории случайных процессов, теории оптимальной фильтрации, теории систем, математического моделирования с применением ЭВМ, физического моделирования в лабораторных условиях; согласуется с опубликованными экспериментальными данными по теме диссертации, а именно: данные о быстродействии и ресурсоемкости конфигурации ПЛИС для ИИУК, реализующей аэродинамические уравнения, входящие в состав метода ЭММ за счет применения разработанной методики эффективной реализации аэродинамических уравнений на ПЛИС для обеспечения проведения полунатурного моделирования полета летательного аппарата и решения задач динамической аэроупругости;

идея базируется на анализе передового опыта и практики разработки ИИУК для обеспечения стендовых испытаний в области динамической аэроупругости, *исследовании возможностей* зарубежных и отечественных ИИУК;

экспериментально установлено, что применение полученных в диссертационной работе результатов в части разработанной методики программной реализации алгоритма при создании восьмиканального блока формирования аэродинамических воздействий, позволило увеличить быстродействие реализованного в ПЛИС программного кода в 4,2 раза (для измерительно-управляющего контура), по сравнению с аналогичной реализацией, без применения разработанной методики;

использованы современные методики сбора и обработки исходной информации с применением цифровой обработки сигналов для расчета значений аэродинамических сил, теории графов для аналитического нахождения времени исполнения алгоритма, реализованного на ПЛИС, перед её конфигурированием.

Личный вклад соискателя состоит:

- 1) *в решении актуальной задачи* разработки ИИУК, на основе анализа существующих современных технических решений для решения задач динамической аэроупругости для авиационной и ракетно-космической отрасли;
- 2) *в разработке архитектуры* специализированного ИИУК с применением ПЛИС для проведения полунатурного моделирования и решения задач динамической аэроупругости;
- 3) *в приведении* аналоговой формы аэродинамических уравнений к дискретной с описанием в числах с фиксированной запятой для эффективной реализации на ПЛИС, позволяющей управлять количеством затрачиваемых аппаратных ресурсов ПЛИС за счет выбора разрядностей реализуемых типовых математических операций (управление точностью вычислений) и способов их реализаций для эффективной реализации аэродинамических уравнений на ПЛИС;
- 4) *в разработке методики* создания эффективной конфигурации ПЛИС для проведения полунатурного моделирования полета летательных аппаратов и решения задач динамической аэроупругости, учитывающей особенности и ограничения архитектуры ПЛИС;
- 5) *в построении* диаграмм ресурсоёмкости реализаций выделенных типовых математических операций для эффективного конфигурирования ПЛИС ИИУК для проведения полунатурного моделирования полета летательных аппаратов и решения задач динамической аэроупругости;
- 6) *в разработке* лабораторного стенда электромеханического моделирования, включая экспериментальный образец ИИУК с использованием ПЛИС, обеспечивающего проведение полунатурного моделирования полета летательных аппаратов и решения задач динамической аэроупругости;
- 7) *в подготовке основных публикаций по выполненной работе.*

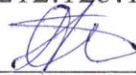
На заседании 29 декабря 2014 года диссертационный совет принял решение присудить Константинову А.А. ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 20 человек, из них 6 докторов наук по специальности 05.11.16 –

«Информационно-измерительные и управляющие системы (авиационная, ракетно-космическая техника и кораблестроение)», участвовавших в заседании, из 24 человек, входящих в состав диссертационного совета, проголосовали за присуждение учёной степени - 17, против присуждения учёной степени – 2, недействительных бюллетеней - 1.

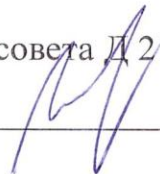
Председатель диссертационного совета Д 212.125.11

д.т.н., профессор

 Лебедев Георгий Николаевич

Ученый секретарь диссертационного совета Д 212.125.11

к.т.н., доцент

 Горбачев Юрий Васильевич

Ученый секретарь МАИ (НИУ)

к.т.н., доцент

 Уляшина Алла Николаевна



30 декабря 2014 г.