

## ОТЗЫВ

официального оппонента Смыслова В.И. на диссертацию  
Константинова Александра Андреевича  
«Исследование и разработка измерительно-информационного и  
управляющего комплекса для полунатурного  
моделирования полета летательного аппарата»,  
представленную на соискание ученой степени  
кандидата технических наук по специальности 05.11.16  
«Информационно-измерительные и управляющие системы  
(авиационная, ракетно-космическая техника и кораблестроение)».

Диссертация А.А. Константинова посвящена **актуальной** теме: разработке измерительно-информационного и управляющего комплекса, обеспечивающего исследование колебаний в полете и флаттера в стендовых условиях. Задача обеспечения безопасности летательного аппарата (ЛА) от автоколебаний во всей области его применения является важнейшей среди проблем динамической аэроупругости. Для ее решения разрабатываются сложнейшие динамически подобные модели (ДПМ), которые испытываются далее в дозвуковых и сверхзвуковых аэродинамических трубах (АДТ). Эксперимент в АДТ является весьма дорогим, очень дорогими являются и сами ДПМ.

Стендовый эксперимент с воспроизведением аэродинамических сил на конструкцию вне потока АДТ, позволяет экономить дорогостоящее трубное время и предотвратить возможное разрушение ДПМ. Важнейшим элементом такого стендового эксперимента, называемого электромеханическим моделированием (ЭММ), является комплекс, посредством которого проводятся измерения сигналов вибродатчиков, их преобразования в соответствии с разными аэродинамическими теориями,



управление режимами искусственного потока и управление воспроизведением в виде механических сил на ДПМ.

Диссертационная работа А.А. Константинова посвящена как раз разработке такого информационно-измерительного и управляющего комплекса для стендовых испытаний на флаттер с использованием ДПМ. **Практически значимыми** для авиационной промышленности, в процессе работ по обеспечению безопасности от флаттера и других опасных автоколебаний, являются, по результатам диссертации, в первую очередь наземные стендовые и трубные испытания по определению критических режимов полета и запасов устойчивости, а также разработке средств предотвращения автоколебаний. Разработанная диссертантом система обеспечивает проведение указанных испытаний.

Диссертация состоит из введения, четырех глав и выводов, а также библиографии (68 наименований).

Введение содержит цель и задачи исследования, общую постановку задачи, приводятся основные научные и практические результаты..

В первой главе рассмотрены особенности метода ЭММ применительно к поставленной диссертантом задаче приведены общие соотношения, связывающие основные параметры средств возбуждения с мгновенными величинами сигналов вибродатчиков. Дана детальная, по ряду элементов, постановка задачи.

Во второй главе рассмотрен выбор архитектуры разрабатываемого комплекса, структурная схема комплекса.

Третья глава посвящена разработке алгоритма преобразования аэродинамических уравнений комплекса из аналоговой формы в цифровую форму, с выбором типовых операций для реального времени и их реализации. на ПЛИС.

В четвертой главе разработана математическая модель для оптимизации ресурсов ПЛИС и методика проектирования программного обеспечения, а также разработано необходимое программное обеспечение.

В выводах приведены основные результаты, относящиеся к проведенным исследованиям, в частности, отмечается, что разработан и реализован специальный стенд моделирования аэродинамических воздействий, реализующий метод ЭММ и проведена экспериментальная оценка его характеристик.

В работе последовательно рассмотрены вопросы: Разработки архитектуры специализированного быстродействующего комплекса и алгоритмов его функционирования, разработано необходимое программное обеспечение и методика его проектирования.

**Научная новизна** работы А.А. Константинова: в ней решена **новая** задача – разработки специализированного информационно-измерительного и управляющего комплекса и методики проектирования математического аппарата на ПЛИС, обеспечивающего исследования колебаний в искусственном потоке.

Безусловно следует высоко оценить реализацию автором лабораторного стенда моделирования аэродинамических воздействий, реализующего метод электромеханического моделирования отображающего реальные процессы в потоке. Сравнение с данными математического моделирования, послужило инструментом проверки **достоверности** и **обоснованности** получаемых в диссертационной работе данных.

Результаты, полученные в диссертации, могут быть использованы при испытаниях ДПМ ЛА разного типа и назначения, включая беспилотные, а также при испытаниях натуральных ЛА.

В порядке **апробации** работа была доложена и обсуждалась на Международной конференции «Aerospace Testing & Industrial Control» и на IX-ой Всероссийской научно-технической конференции «Проблемы совершенствования робототехнических и интеллектуальных систем летательных аппаратов».

Основные результаты диссертационной работы **были опубликованы** в двух научных журналах, рекомендованных ВАК.

В качестве **замечаний** следует отметить следующее:

1. при анализе ряда промышленных систем сбора данных о них сказано, как вообще не соответствующих требованиям задач динамической аэроупругости, в то время как точнее надо 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%);

4. диссертант не указал на то важное обстоятельство, что разработанный им 8-ми канальный комплекс допускает удвоение числа каналов без нарушения синхронизации.

Несмотря на отмеченные замечания, они не снижают общей научной и практической ценности диссертационной работы.

### **Заключение**

Диссертационная работа Константинова Александра Андреевича является самостоятельной и законченной научно-квалификационной работой, имеет безусловную актуальность, практическую ценность и научную новизну, оформлена в полном соответствии с требованиями, предъявляемыми к кандидатским диссертациям, выполнена на достаточно высоком научно-техническом уровне, можно считать ее автора, А.А.

Константинова, заслуживающим присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.11.16 «Информационно-измерительные и управляющие системы (авиационная, ракетно-космическая техника и кораблестроение)».

Содержание автореферата соответствует всем основным положениям диссертации.

Главный научный сотрудник отделения аэроупругости ФГУП ЦАГИ, д.т.н.

Основное место работы: ФГУП ЦАГИ

Адрес: 140180, Московская обл., г. Жуковский, д.1

тел: 8 (495) 556-38-41, 8 (963) 670-26-18

e-mail: smysl@mail.ru

(В.И.Смыслов)

Подпись и сведения главного научного сотрудника отделения аэроупругости Смылова Всеволода Игоревича удостоверяю

Ученый секретарь диссертационного

совета ДС 403.005.02 ФГУП «ЦАГИ»

д.т.н., профессор



(В.М. Чижов)