

Отзыв официального оппонента на диссертацию

**Ляшенко Алексея Ивановича**

**Методы исследования объемной статической прочности сложных оболочечных конструкций ракетных двигателей,**

представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.12 – «Системы автоматизации проектирования (отрасль – авиационная и ракетно-космическая техника)».

Диссертация содержит: 179 страниц, 94 литературных источника и приложение. Состоит из: оглавления, введения, четырех глав, заключения и приложения. Печатный и иллюстративный материалы соответствуют требованиям к оформлению диссертации.

**Актуальность темы диссертации.**

В диссертационной работе рассматриваются вопросы, связанные с совершенствованием научно-методического обеспечения САПР, основанного на разработке и исследованиях моделей, алгоритмов и методов для синтеза и анализа проектирования проектных решений, включая конструкторские и технологические решения. Это позволяет повысить точность вычисления оптимальных габаритно-массовых параметров конструкций, снизить их габаритно-массовые характеристики и повысить надежность.

Предложенные методы, математические модели и алгоритмы предназначены для автоматизированного проектирования жидкостных ракетных двигателей (ЖРД), ракетных двигателей твердого топлива (РДТТ), ракетно-прямоточных двигателей (РПД) на жидком, твердом и пастообразном топливах.

Конструкции двигателей, их отсеков и экспериментальных стендов отличаются большим разнообразием по функциональному назначению, геометрическим формам и видам нагружения. Применяются однослойные и двухслойные цилиндрические и плоские оболочки, слабokonические и конические оболочки, стержни, трубки, лопатки, пластины. Каждый из указанных элементов имеет свои индивидуальные функциональные, геометрические и механические свойства, которые в процессе оптимизации конструкции надо сохранить. При использовании современных CAE-систем САПР обычно оптимизируются отдельные элементы или вся конструкция. Оптимизация отдельных элементов дает приближенные решения. При оптимизации всей конструкции присутствует много переменных проектирования, что не дает возможность найти точное

оптимальное решение, учесть индивидуальные функциональные, геометрические и механические особенности отдельных элементов конструкции. Несмотря на то, что проведено достаточно большое количество расчетно-экспериментальных работ, в настоящий момент потенциалы рассматриваемых в диссертации математических методов и их взаимодействие в системах САПР раскрыты не полностью.

Все вышеизложенное обуславливает актуальность выбранной автором темы диссертации.

#### **Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций диссертации.**

В диссертационной работе приведены результаты расчетных исследований объемного напряженно-деформированного состояния и оптимизации сложных однослойных и двухслойных оболочечных конструкций на основе разработанных автоматизированных методов. Высокая степень обоснованности полученных результатов, научных положений и рекомендаций обеспечивается параметрическим характером исследований. Влияние того или иного элемента определяется при неизменности конфигурации прочих компонентов конструкции и сохранении граничных условий, определяющих условия соединения с соседними элементами. Это позволяет достаточно точно выявить взаимное влияние различных элементов на прочность и оптимальную массу конструкции.

#### **Достоверность научных положений, выводов и рекомендаций диссертации.**

Научные положения, выводы и рекомендации диссертации являются достоверными, так как они получены на основании общепринятых физических моделях и математических методах, в том числе методах конечных элементов и анализа чувствительности. Расчеты осуществлялись с помощью инженерных методик, новых и известных численных методов с использованием CAD/CAE-систем САПР типа SolidWorks и COSMOS. Необходимая точность разработанных автоматизированных методов обоснована проведенной валидацией. Основные выводы и рекомендации диссертации подтверждены результатами экспериментальных исследований, которые автор провел на стенде для прочностных испытаний крупногабаритных конструкций и экспериментальном огневом подогревателе.

### **Новые научные результаты диссертации.**

Разработано научно-методическое обеспечение САПР, основанное на применении новых автоматизированных методов, позволяющих оптимизировать габаритно-массовые характеристики трехмерных сложных конструкций ракетных двигателей. Разработка и исследование моделей, алгоритмов и методов для синтеза и анализа проектирования проектных решений, включая конструкторские и технологические решения, позволяют совершенствовать САПР и повысить качество реализации жизненного цикла проектирования-производства-эксплуатации изделия.

В диссертации приведены следующие результаты, обладающие научной новизной:

1. Разработано научно-методическое обеспечение САПР, основанное на применении новых автоматизированных методов, позволяющих оптимизировать габаритно-массовые характеристики трехмерных сложных конструкций ракетных двигателей для авиационной и ракетно-космической техники.

2. Создан метод автоматизированного исследования объемной статической прочности однослойных оболочечных конструкций (взаимосвязанные однослойные оболочки, стержни, пластины, трубки и др.), имеющий погрешность по напряжениям до 12 – 18% и по перемещениям до 3 – 7%.

3. Создан автоматизированный метод расчета объемной общей несущей способности двухслойных связанных оболочек, погрешность которого для статических условий составляет величину до 7,8% и при горении в камере до 19,5%.

4. Проведена оптимизация сложной конструкции металлического корпуса отсека РДГТ, позволившая снизить массу на 11,6% и дать рекомендации по оптимальному проектированию трубок, входящих в состав отсека.

5. Проведен расчет объемной несущей способности камеры ЖРД, содержащей двухслойные связанные оболочки, и даны рекомендации по проектированию элементов конструкции камеры сгорания.

6. Проведен расчет объемной несущей способности конструкций жаровых труб, входящих в состав экспериментальной установки для испытаний экспериментальных РПД и даны рекомендации по проектированию и выбору конструкционных материалов оболочек жаровых труб.

7. Проведен расчет объемной несущей способности конструктивных схем плоских камер сгорания перспективных РПД с каналами регенеративного охлаждения оболочек, даны рекомендации по проектированию и выбран рациональный вариант конструкции камеры.

8. Проведен анализ экспериментальных данных по испытаниям конструкций с однослойными и двухслойными взаимосвязанными оболочечными конструкциями, который позволил судить о правильности и точности разработанных автоматизированных методов расчетных исследований.

#### **Практическая значимость результатов исследования.**

С помощью разработанных автоматизированных методов решен ряд задач, имеющих практическую значимость для авиационной и ракетно-космической техники.

Проведена оптимизация сложной конструкции отсека РДТТ, разработанной в ФГУП «Корпорация «МИТ». Расчеты позволили обеспечить ее работоспособность и снижение массы отсека на 11,6%. В настоящее время эта конструкция находится в эксплуатации. Автором диссертации получен Акт о внедрении его результатов в ФГУП «Корпорация «МИТ».

Применяя автоматизированный метод расчета общей объемной несущей способности двухслойной оболочечной конструкции, рассчитаны новые конструкции камеры ЖРД, жаровых труб экспериментальных стендов для исследования конструкций РПД и определена оптимальная геометрическая форма плоской камеры сгорания для перспективного РПД. Экспериментальные стенды и плоские камеры сгорания, разработанные в ФГУП «ЦИАМ им. П. И. Баранова», в настоящее время активно применяются во время отработки конструкций перспективных РПД. Автором диссертации получен Акт о внедрении его результатов в ФГУП «ЦИАМ им. П. И. Баранова».

Разработанные в диссертационной работе автоматизированные методы широко используются в учебном процессе МАИ при проведении занятий по САПР и выполнению курсовых и дипломных проектов по проектированию конструкций РДТТ, ЖРД и РПД. Автором диссертации получен Акт о внедрении его результатов в Московском авиационном институте (национальном исследовательском университете).

#### **Замечания и рекомендации по диссертационной работе.**

По диссертационной работе имеются следующие замечания:

1. В автоматизированном методе расчета объемной общей несущей способности двухслойных связанных оболочек, составляющих основное содержание диссертации, не рассмотрена оценка ресурса элементов конструкции;

2. Для повышения эффективности реализованной в рамках данной диссертации системы САПР было бы целесообразно провести комплексное исследование статической

и динамической прочности конструкции;

3. В обзоре работ указано, что на рынке CAE программ в настоящее время представлен широкий выбор различных комплексов (MSC.NASTRAN, ANSYS, COSMOS и др.). В качестве расчетной CAE программы в работе использован комплекс COSMOS, результаты работы которого в проектной практике считаются оценочными. Было бы интересно провести тестовые расчеты в каком-либо другом широко используемом в аэрокосмической отрасли комплексе CAE и сравнить результаты.

4. В обзоре литературы диссертации совершенно не представлены иностранные источники, хотя используемое автором программное обеспечение имеет явно не российское происхождение;

5. Название диссертации не в полной мере отражает ее САПРовскую направленность. Мне кажется более удачным и соответствующим сути диссертации следующее название диссертации «Автоматизация методов исследования объемной статической прочности сложных оболочечных конструкций ракетных двигателей».

#### **Заключение.**

Отмеченные выше недостатки диссертационной работы Ляшенко А.И. не снижают общего положительного впечатления от высокого научного уровня и практической ценности данной диссертации. Диссертация написана хорошим литературным языком и тщательно иллюстрирована. Диссертация Ляшенко А.И. представляет собой законченное исследование, в которой представлено решение актуальных и значимых задач в области научно-методического обеспечения САПР для проектирования конструкций ракетных двигателей. Новые научные результаты, полученные в диссертации Ляшенко Алексея Ивановича, имеет большое практическое значение для авиационной и ракетно-космической техники. Полученные в рамках диссертационного исследования Ляшенко А.И. научные и практические результаты получили достаточную апробацию в научных публикациях и выступлениях на научных конференциях.

Автореферат полностью соответствует содержанию диссертации. В нем приведено подробное и наглядное описание новых научных результатов, полученных лично автором и обладающих научной новизной и практической значимостью.

С учетом вышеизложенного по оппонируемой диссертационной работе Ляшенко Алексея Ивановича считаю, что данная диссертация полностью соответствует требованиям ВАК РФ, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени

кандидата технических наук по специальности 05.13.12 – «Системы автоматизации проектирования (отрасль – авиационная и ракетно-космическая техника)», а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук.

Официальный оппонент,  
кандидат технических наук  
ведущий инженер – прочнист проектно – конструкторского  
отдела конструкторского бюро ООО «Авиакомпания  
«Волга – Днепр» 121614, г. Москва, ул. Крылатская, д. 17,  
корп. 4.  
Тел.: 8 (495) 755-68-50.  
E-mail: [info@volga-dnepr.com](mailto:info@volga-dnepr.com)

Загордан Анатолий  
Александрович  
12 декабря 2014 г.

Подпись к.т.н. Загордана Анатолия Александровича  
заверяю  
Специалист по кадровому делопроизводству  
ООО «Авиакомпания «Волга – Днепр»



Минибаева Светлана  
Борисовна  
12 декабря 2014 г.