

ОТЗЫВ

официального оппонента, начальника НТЦ научно-производственного комплекса ФГУП «ЦАГИ», профессора МФТИ, почетного авиастроителя РФ, доктора технических наук Вермеля Владимира Дмитриевича на диссертационную работу Меркулова Ильи Евгеньевича «Методика проектирования сварных конструкций сверхзвуковых самолетов с учетом конструктивно-технологических схем» представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.07.02 «Проектирование, конструкция и производство летательных аппаратов»

Диссертационная работа И.Е. Меркулова посвящена разработке методики проектирования сварных конструкций отсеков различного назначения сверхзвуковых самолетов, с обеспечением снижения их массы на основе выбора рациональных конструктивных параметров деталей, технологической схемы сборки со сварными соединениями и технологии сварки.

1. Актуальность темы диссертации

В современных условиях существенно возрастают возможности технологического оборудования для проведения сварки авиационных конструкций, обусловленные широким внедрением робототехники и развитых систем цифрового управления процессом сварки. Наряду с этим всемерно совершенствуются методы технологии сварки авиационных конструкций. Их применение особенно актуально для самолетов с высокими скоростями полета, подверженными нагреву конструкции, а также в связи с широким применением хорошо свариваемых титановых сплавов и сталей, в том числе коррозионностойких. Применение автоматизированной сварки позволяет существенно сократить трудоемкость, при высоком качестве соединений. Наряду с техническими достижениями развитие методологии конструирования сварных конструкций представляется не достаточным. В этой связи диссертационная работа И.Е. Меркулова представляется актуальной и практически важной.

2. Обоснование научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Научные положения, выводы и рекомендации, сделанные в работе обоснованы ссылками на специальную литературу, а также собственными исследованиями автора.

3. Достоверность и новизна исследований, полученных результатов, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Достоверность определяется использованием результатов предшествующих исследований и разработок, правильностью применения методов системного анализа и современных возможностей промышленных CAE систем конечно-элементного расчета, а также их практическим применением, использованием современной технологической и методической, в том числе нормативно-справочной и научно-технологической литературы, а также апробацией при

ОБЩИЙ ОТДЕЛ МАИ
Вх. №
08 10 20 19

участии в национальных и международных научно-технических конференциях, внедрением результатов на ведущем авиастроительном предприятии АО «РСК «Миг».

Новизна исследований определяется разработкой новой методики проектирования конструкций сварных отсеков сверхзвуковых самолетов, обеспечивающей при определении рациональных конструктивных параметров, одновременный учет условий нагружения и функциональных требований к отсеку с технологическими параметрами процесса сварки, а также введения, при решении данной многопараметрической задачи, сочетания возможностей современного промышленного программного обеспечения МКЭ, результатов аналитических и экспериментальных исследований технологий сварки, инженерного опыта и творческих способностей проектировщиков.

4. Значимость для науки и практики полученных результатов

Результаты диссертационной работы дают новое решение актуальной научно-технической задачи, направленной на совершенствование характеристик разрабатываемых в Российской Федерации летательных аппаратов с высокими скоростями полета.

5. Конкретные рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации

Результаты диссертации могут быть использованы в проектных авиационных и ракетно-космических организациях при разработке конструкций ЛА с высокими скоростями полета, а также производственных технологий сборки тонкостенных отсеков с применением сварки.

Диссертация состоит из введения, четырех глав и заключения, списка используемой литературы и трех приложений с общим объемом 103 страницы машинописного текста. В тексте диссертации содержится 39 рисунков, и 3 таблицы. Список используемой литературы содержит 76 наименований.

6. Содержание работы

Во введении обоснована актуальность работы, сформулированы цели и перечень решаемых задач. Рассмотрена перспективность применения сварки в конструкциях сверхзвуковых самолетов, а также имеющиеся технологические проблемы расширения ее применения. Определена новизна, теоретическая и практическая значимость.

В первой главе автором выполнен детальный аналитический обзор современных методов сварки и технологий выполнения сварных соединений в авиастроении, а также факторы, определившие их широкое применение в конструкциях сверхзвуковых самолетов, в частности разработанных в ОКБ «МИГ». Им сделано важное заключение о наличии практически значимых результатов по всесторонней оценке применения известных видов сварки. Они включают показатели прочности швов и параметры зон термического влияния

сварки на соединяемые детали конструкции, значения внутренних напряжений, обуславливаемых характерными температурами процесса сварки и др.

Автор сделал верный вывод о том, что известные методы проектировочного расчета параметров конструкций сварных отсеков для размещения различной целевой нагрузки, применимы только для очень простых вариантов. Промышленные пакеты конечно-элементного расчета позволяют решить прямую задачу оценки характеристик уже разработанных конструкций. В этой связи он обоснованно указал, что решение задачи разработки рациональных конструкций требует дополнительного научно-методического обеспечения.

Для его разработки им предложена обобщенная функциональная схема сварного отсека, рассмотрение которой позволяет системно выявить существенные факторы, определяющие важнейший показатель - массу отсека. Именно масса принята автором за показатель (критерий) рациональности конструкции. В соответствии с функциональной схемой автором разработаны формализованные соотношения, устанавливающие связь массы отсека с определяемыми технологией сварки факторами, действующими внешними нагрузками, а также конструктивными параметрами. Для дополнительного уточнения решения термпрочностной задачи И.Е. Меркулов рассматривает типовые конструкции отсеков (монокок, полумонокок, ферменные, балочные, смешанные). Для ускорения решения им предложено упрощенное описание геометрической формы отсеков на основе комбинаций круговых цилиндров и параллелепипедов. Практически важным для уточнения конструктивного решения отсека размещения и последовательности выполнения сварных швов представляется деление отсеков на «не компенсационные», базирующийся на жестком каркасе и «компенсационные», занимающие промежуточное положение между уже изготовленными отсеками, что существенно влияет на порядок сборки.

Вторая глава посвящена разработке методики проектирования сварных отсеков в авиационных конструкциях, отличающейся несомненной научной новизной. В ее основе лежит подготовка альтернативных предварительных конструкций сварных отсеков, в которой используется современный подход сочетания автоматизированных программных средств с предшествующим опытом близких разработок и творческими возможностями инженера-проектировщика. Формируется упрощенная цифровая геометрическая модель отсека и его конструктивно-технологическая схема для варианта конструкции, задаваемая проектировщиком, включая расположение сварных швов и последовательность сборки. В соответствии с ней, разрабатывается конечно-элементная модель. Для этого устанавливаются предварительные параметры составляющих отсеков конструктивных элементов, характеристики используемых конструкционных материалов, а также применяемых способов сварки, размеры зон термического влияния, характерные температуры и скорости движения сварочного ядра, соответствующие прочностные характеристики шва, и соединяемых деталей, внутренние напряжения. Нагрузки, действующие на отсек снимаются с эпюр нагружения для соответствующего агрегата самолета.

Результаты расчета НДС в элементах конструкции дают информацию для ее целенаправленной улучшающей модификации и коррекции технологии. Серия расчетов позволяет установить наиболее рациональный вариант конструкции.

В третьей главе рассматривается алгоритм применения разработанной методики на примере сварного отсека сверхзвуковых самолета. Для него представлена последовательность действий, выполняемых при разработке конструкции, что имеет важное практическое значение для освоения и последующего использования методики. Показано формирование альтернативных вариантов конструкторско-технологических схем отсеков с детальным анализом их отличий и обоснованием целесообразности рассмотрения. По результатам конечно-элементного расчета, выполняемого для приложенных действующих нагрузок, формируются данные для выбора наиболее рационального конструкторско-технологического решения. Как методический, так и практический интерес представляет выполненное автором по результатам расчетных исследований структурно-параметрическое исследование альтернативных конструкторско-технологических схем. Автором продемонстрировано практическое выявление наиболее рационального сочетания технологических и конструктивных параметров для определения рекомендуемой конструкции сварного отсека.

В четвертой главе автором выполняется подтверждение достоверности результатов проектирования сварных конструкций в разработанной методике. Для этого он провел верификацию расчётов методом конечного элемента, которая подтвердила его адекватность по разрабатываемым конечно-элементным моделям, заданию характеристик материалов и нагрузок. Также им выполнено сопоставление с известными близкими аналитическими решениями.

Для валидации расчетной модели он использовал известные результаты близких предшествующих исследований.

Несомненную ценность работе придает внедрение результатов на ведущем авиастроительном предприятии АО «РСК «МИГ» в виде технических предложений по схемным решениям сварного отсека и оценке их весовой эффективности для выявления наиболее рационального. Также подготовлены рекомендации по выбору рациональной конструктивно-силовой схемы сварного отсека.

Сделанные по результатам работы выводы и заключение правильно отражают её научное и практическое значение.

Основное содержание и выводы диссертации освещены в 4-х опубликованных научных работах (две из которых в изданиях, входящих в перечень рекомендованных ВАК).

Автореферат правильно отражает содержание диссертации.

Имеются замечания к содержанию работы.

1. Представляется излишним приведенное в аналитическом обзоре рассмотрение проектирования конструкций с сотовыми заполнителями из композиционных материалов, оболочечных и стержневых конструкций (стр. 14,15,30).

2. Отмечая необходимость учета пространственной геометрической формы сварных отсеков, автор, тем не менее, вводит их очень упрощенные описания с использованием сочетаний ограниченного набора из 2-х типовых элементов - параллелепипеда и цилиндра (стр. 40, рис. 1.9 и далее по тексту). Для такого геометрического представления им формируются альтернативные варианты конструкций, НДС которых определяется расчетом МКЭ. Учитывая, что в современных условиях имеются цифровые модели теоретической поверхности самолета и его основных агрегатов, введение упрощенных описаний можно было бы опустить, используя при построении конечно - элементных моделей реальные цифровые описания поверхности. При введении упрощения – целесообразно обосновать его необходимость и оценить вносимую погрешность.

Имеется ряд редакционных замечаний.

1. В выражении: «Современные математические модели и методики расчета сварных конструкций разработаны на основе многих авторов» (стр. 6, посл. абз, 2-е предл.) видимо, пропущено слово. Должно быть «работ многих авторов».

2. Не удачны определения «сегменты конструкции с маленькой кривизной и сложные объёмные конструкции». В принятой терминологии более правильно использовать «с малой кривизной» и «геометрически сложные конструкции», которые противопоставляются автором конструкциям с поверхностями, составленными из плоских и малоискривленных сегментов (стр. 16, 2 абзац, стр. 30).

3. На рис. 3.2 в описании сказано, что тонкими линиями на графиках показаны значения действующих на сварной отсек моментов и температуры. На самом деле для этого использованы утолщенные линии.

4. Допущена неточность в представлении входных геометрических параметров конструктивно-технологической схемы отсека. Указаны всего 4 параметра: площадь поперечного сечения элемента каркаса F , длина элемента C , площадь «поверхностного панелированного элемента конструкции» S и его приведенная толщина δ (стр. 44, после абз.) Таких элементов в замкнутом отсеке как минимум в 3 раза больше.

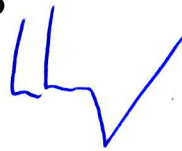
5. На графиках приращения заданной нагрузки на сварные отсеки, в следствие внутренних напряжений (рис. 3.11 и далее), в обозначении оси, вместо приращения дано простое отношение сил $P_{действ.} / P_{заданное}$.

Сделанные замечания не умоляют результатов диссертационной работы.

Её рассмотрение позволяет сделать вывод о том, что, диссертация И.Е. Меркулова является научно - квалификационной работой, в которой содержится законченное решение актуальной научно - технической задачи разработки методики проектирования сварных конструкций сверхзвуковых

самолетов с учетом конструктивно-технологических схем, имеющей существенное значение для технического развития страны, что соответствует требованиям п.9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013г. № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук. Автор диссертационной работы Меркулов Илья Евгеньевич заслуживает присуждения ученой степени, кандидата технических наук по специальности 05.07.02 «Проектирование, конструкция и производство летательных аппаратов».

Официальный оппонент,
доктор технических наук, профессор МФТИ,
начальник НТЦ Научно-производственного
комплекса ФГУП «ЦАГИ»,



В.Д. Вермель
(Вермель Владимир
Дмитриевич)

140180, Россия, г. Жуковский, Московская область, ул. Жуковского, д.1.
Тел. (495) 556-43-62, факс (495) -777-63-29, e:mail: npk@tsagi.ru, vermel@tsagi.ru.

Подпись начальника НТЦ НПК, профессора МФТИ, д.т.н. Вермеля Владимира Дмитриевича заверяю.

Ученый секретарь Диссертационного
Совета ФГУП «ЦАГИ»,
доктор физико-математических наук



М.А. Брутян