

ГОСУДАРСТВЕННАЯ КОРПОРАЦИЯ
ПО КОСМИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ
«РОСКОСМОС»



Акционерное общество
«Государственный ракетный центр
имени академика В.П.Макеева»
(АО «ГРЦ Макеева»)
Российская Федерация, Челябинская область,
г. Миасс

✉ 456313, Челябинская область,
г. Миасс, ш. Тургоякское, д. 1
☎ 351-3/28-63-70 📠 351-3/55-51-91; 24-12-33
Телеграфный адрес: «Рубин» 624013
E-mail: src@makeyev.ru
ОКПО 07549733, ОГРН 1087415002168
ИНН/КПП 7415061109/741501001

От 12.09.2013 № 31/484
На № 010/1748-31 от 22.08.2013

Учёному секретарю
диссертационного совета
24.2.327.09
отдела Учёного и
диссертационных советов МАИ,
к.т.н.
Д.Ю. Стрельцу
125993, г. Москва,
Волоколамское шоссе, д.4

Уважаемый Дмитрий Юрьевич!

Направляю Вам отзыв акционерного общества «Государственный ракетный центр имени академика В.П. Макеева» на автореферат диссертации Склезнева Андрея Анатольевича «Проектирование, конструирование и изготовление металлокомпозитных криогенных топливных баков для ракетно-космической техники», представленной на соискание учёной степени доктора технических наук по специальности 2.5.3 «Проектирование, конструирование, производство, испытания и эксплуатация летательных аппаратов».

Приложение: отзыв на 5-х листах в 2-х экз.

С уважением
Главный учёный секретарь
АО «ГРЦ Макеева», к.т.н.



С.Т. Калашников

Отдел документационного
обеспечения МАИ

«13» 10 2023



Акционерное общество
«Государственный ракетный центр
имени академика В.П.Макеева»
(АО «ГРЦ Макеева»)

Российская Федерация, Челябинская область,
г. Миасс

✉ 456313, Челябинская область,
г. Миасс, ш. Туроякское, д. 1
☎ 351-3/28-63-70 📠 351-3/55-51-91; 24
Телеграфный адрес: «Рубин» 62401
E-mail: src@makeyev.ru
ОКПО 07549733, ОГРН 1087415002168
ИНН/КПП 7415061109/741501001



УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор,
генеральный конструктор,
доктор технических наук,
профессор, академик РАН


В.Г. Дегтярь

« 12 » 09 2023 г.

От 12.09.2023 № 31/484 (пр.ч.отсрочка)

На № 010/1248-31 от 22.08.2023

Отзыв

на автореферат диссертации Склезнева Андрея Анатольевича
«Проектирование, конструирование и изготовление металлокомпозитных
криогенных топливных баков для ракетно-космической техники»,
представленной на соискание учёной степени доктора технических наук по
специальности 2.5.3 «Проектирование, конструирование, производство,
испытания и эксплуатация летательных аппаратов»

Работа Склезнева Андрея Анатольевича посвящена разработке кон-
структивно-технологической концепции создания металлокомпозитных крио-
генных топливных баков ракетно-космической техники, включающей в себя
весь комплекс работ, являющихся неразрывно связанными и обеспечиваю-
щими работоспособность и успешное функционирование подобных конструк-
ций на всех этапах жизненного цикла: проектирование, конструирование, из-
готовление, экспериментальная отработка и эксплуатация.

Актуальность работы связана с использованием для перспективных ра-
кет-носителей вместо топливных баков различного конструктивного исполне-
ния и изготавливаемых из традиционных металлических материалов баков из
армированных композитных материалов. При этом повышаются весовое со-
вершенство конструкции и коэффициент использования материала, появляет-

Отдел документационного
обеспечения МАИ

«13» 10 2023

ся возможность автоматизировать технологию изготовления, что позволяет снизить трудоёмкость и стоимость криогенных топливных баков.

Автором рассмотрен топливный криогенный бак, представляющий собою принципиально новую несущую металлокомпозитную конструкцию, стенка которого является комбинацией внутреннего металлического герметизирующего слоя (лейнера) и силовой сетчатой оболочки из композитного материала с тонкостенными наружным и внутренним слоями, образованными спирально-кольцевой намоткой, средним слоем из спиральных и кольцевых рёбер в лёгком заполняющим свободные пространства между рёбрами пеноматериале – сочетание «лейнер – силовая сетчатая оболочка».

Для достижения поставленной цели автором были установлены возникающие при создании конструкции проблемы, проведены анализ имеющихся в настоящее время расчётно-теоретических, технологических, экспериментальных материалов и необходимые исследования в мало изученных до настоящего времени областях с реализацией на практике результатов проведённых работ:

- обеспечение устойчивости лейнера, используемого в качестве оправки при намотке и термообработке конструкции;
- обеспечение совместности работы и отсутствие расслоений между разнородными материалами конструкции при действии температурных нагрузок в диапазоне изменения значений от криогенных до максимальных положительных эксплуатационных;
- определение оптимальных технологических параметров, обеспечивающих изготовление работоспособной конструкции минимального веса при выполнении требований обеспечения прочности;
- разработка расчётной математической модели и построенной на её основе методики оптимального проектирования металлокомпозитных криогенных топливных баков;
- разработка волоконно-оптической измерительной системы непрерывного контроля напряжённо-деформированного состояния (НДС) конструкции на всех этапах жизненного цикла;
- разработка технологии изготовления конструкции;

- экспериментальная отработка технологии изготовления и прочности конструкции.

Научная новизна представленной работы заключается в создании и отработке оптимального металлокомпозитного криогенного бака с принципиально новой конструктивно-силовой схемой по весовой и экономической эффективности превосходящей криогенные баки, используемые в настоящее время, для практической реализации которой создано необходимое методическое и программное расчётно-технологическое экспериментально апробированное обеспечение. Для его создания необходимо было подготовить теоретическую базу, потребовавшей решения в нелинейной постановке следующих задач:

- устойчивости металлического лайнера от усилий натяжения ленты при «мокрой» автоматизированной намотке композитного материала сетчатой стенки бака и торцевых шпангоутов и последующей полимеризации, когда лайнер используется в качестве оправки;

- устойчивости лайнера при осевом сжатии;

- разработке математической модели и методики расчёта оптимальных параметров силовой стенки криогенного бака, учитывающей деформируемость сетчатой оболочки в радиальном направлении.

Теоретическая ценность работы состоит в разработке математической модели, получении расчётных зависимостей и создании программного обеспечения определения технологических параметров изготовления оптимального по весу криогенного бака принципиально новой конструктивно-силовой конструкции с учётом деформирования элементов стенки при изготовлении и эксплуатации конструкции в широком температурном диапазоне при обеспечении требуемой прочности и жёсткости бака.

Практическая ценность работы заключается в технологическо-экспериментальной реализации полученных теоретических результатов:

- создание необходимых вычислительных алгоритмов и программ с последующей разработкой технологического автоматизированного процесса изготовления, обеспечивающего совместность работы слоёв «лейнер – сетчатая оболочка» стенки криогенного бака - разработке системы измерения парамет-

ров НДС конструкции, внедрённой в стенку конструкции без ухудшения физико-механических характеристик конструкционного композитного материала, функционирующей на всех этапах её жизненного цикла, апробированной на модельном криогенном баке;

- модифицирована конструкция торцевого шпангоута, снижающая уровень контактных сил в соединении «лейнер-шпангоут»;

- экспериментальное подтверждение на моделях и натуральных конструкциях достоверности и реализуемости теоретических разработок автора.

Автором проведена оценка весовой эффективности разработанной конструкции криогенного бака по сравнению с традиционным баком вафельной конструкции из алюминиевого сплава.

Положительными качествами данной работе являются:

- отражение диссертационных материалов в публикациях в виде научных статей в журналах, входящих в перечень ВАК, докладах на всероссийских конференциях, включая международные, патентах на изобретения;

- использование результатов работы при проектировании и расчёте баллонов давления, включая топливные баки на предприятиях России;

- возможность на базе проведённых исследований дальнейшего развития конструктивно-технологической концепции криогенных баков при использовании в нём полимерного лейнера, что повысит весовую и экономическую эффективность предложенной автором конструкции;

- использование полученных результатов для разработки технологических процессов при серийном изготовлении баков.

По тексту автореферата имеются следующие замечания:

- 1 Не приведены данные по сходимости теоретических и экспериментальных значений несущей способности модельного криогенного бака.

- 2 Отсутствуют предложения по методам контроля, допустимым размерам, количеству и расположению в стенке расслоений между слоями из разнородных материалов, не приводящих к снижению прочности криогенного бака для разработанной конструктивно-силовой конструкции.

3 Отсутствуют не приводящие к снижению прочности конструкции практические рекомендации по количеству волоконно-оптических датчиков, зонам их установки, минимальному объёму выводимой измерительной информации для получения достоверной картины НДС бака.

В целом, автореферат даёт достаточно полное представление о проведённых исследованиях и позволяет сделать вывод о том, что диссертация Склезнева Андрея Анатольевича «Проектирование, конструирование и изготовление металлокомпозитных криогенных топливных баков для ракетно-космической техники», представленная на соискание учёной степени доктора технических наук, является научно-квалификационной работой и соответствует требованиям «Положения о присуждении учёных степеней», а её автор заслуживает присвоения учёной степени доктора технических наук по специальности 2.5.3 «Проектирование, конструирование, производство, испытания и эксплуатация летательных аппаратов».

Заместитель генерального конструктора
по проектированию изделий и комплексов

Голунов
Максим
Сергеевич

Начальник отдела нагрузок и прочности

Лямкин
Василий
Иванович

Ведущий научный сотрудник отдела
нагрузок и прочности, к.ф.-м.н.

Мухачёв
Анатолий
Григорьевич

Главный учёный секретарь
АО «ГРЦ Макеева», к.т.н.

Калашников
Сергей
Тимофеевич