



Акционерное общество

МИТ «КОРПОРАЦИЯ

«МОСКОВСКИЙ ИНСТИТУТ ТЕПЛОТЕХНИКИ»

Березовая аллея, д.10, Москва, Россия, 127273
Телефон: (499) 907-37-74, Телефакс: (499) 907-37-29;
e-mail: info@corp-mit.ru

Ученому секретарю ДС 24.2.327.09
ФГБОУ ВО «Московский
авиационный институт»
(национальный
исследовательский университет)
Стрельцу Д.Ю.
125993, РФ, г. Москва,
Волоколамское шоссе, д.4

от 06.09.2023 № 3536/403-33
На № 010/1748-32 от 22.08.23

Об отправке Отзыва

В ответ на ваш исх. 010/1748-32 от 22.08.23г. направляю Отзыв на автореферат Склезнева Андрея Анатольевича.

Приложение: Отзыв на автореферат диссертационной работы «Проектирование, конструкция и изготовление металлокомпозитных криогенных топливных баков для ракетно-космической техники» Склезнева Андрея Анатольевича, 4 л., 2 экз., н/с.

Заместитель генерального конструктора-
Начальник Отделения

В.И. Петрусев

Исп. Шепелева Ирина Олеговна
Тел. 8 (499) 231-42-06

Отдел документационного
обеспечения МАИ

«13» 09 2023.

012443



Березовая аллея, д.10, Москва, Россия, 127273
Телефон: (499) 907-37-74, Телефакс: (499) 907-37-29;
e-mail: mitemail@umail.ru

УТВЕРЖДАЮ

Генеральный конструктор,

академик РАН,

доктор технических наук, профессор

Ю.С. Соломонов

2023 г.



Отзыв

на автореферат диссертационной работы «Проектирование, конструкция и изготовление металлокомпозитных криогенных топливных баков для ракетно-космической техники» Склезнева Андрея Анатольевича, представленной на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 2.5.13 – «Проектирование, конструкция, производство, испытания и эксплуатация летательных аппаратов»

Создание современных ракетно-космических аппаратов требует решения ряда проблем, одной из которых является повышение энергетических характеристик и расширение температурного диапазона эксплуатации жидкостных двигателей. Поэтому представленная работа, посвященная исследованию возможности снижения массы и трудоёмкости изготовления топливных криогенных баков ракетных носителей, путём применения новых конструкционных материалов и реализация новых конструктивно-силовых элементов с применением автоматизированных аддитивными технологий, несомненно, представляет научную и практическую значимость.

Автор на основе богатого теоретического и экспериментального материалов создал и отработал принципиально новые конструкции криогенных топливных баков на основе металлокомпозитных ёмкостей и силовых сетчатых структур, отличающиеся интегральностью конструкции, повышенной весовой и экономической эффективностью, а также разработал методы проектирования и теоретическую базу с методическим и программно-алгоритмическим

Отдел документационного
обеспечения МАИ

«13» 09 2023г.

обеспечением, позволяющим осуществлять выбор оптимального облика и параметров компоновки бака и требуемые запасы прочности.

Диссертация состоит из введения, шести глав и заключения. Во введении обоснована актуальность решаемой проблемы и сделан широкий обзор опубликованных работ по данной тематике.

В первой главе представлено описание конструкции несущих топливных баков, применяемых в ракетно-космической технике и разработанных в России и за рубежом, сделан анализ их конструктивно-технологические особенностей, эффективности и областей применения. Рассмотрен имеющийся опыт в области проектирования, расчёта и технологической отработки изготовления металлокомпозитных баков и баллонов различного назначения.

Во второй главе рассмотрены вопросы оптимального проектирования металлокомпозитных криогенных топливных баков. Представлены две задачи проектирования конструкции металлокомпозитных баков – проектирование металлокомпозитной ёмкости на действие внутреннего давления и проектирование сетчатой структуры для восприятия внешних силовых факторов.

Третья глава посвящена разработке технологии изготовления металлокомпозитных криогенных топливных баков и решению технологических задач, возникающих при изготовлении таких баков. Отличительной особенностью процесса изготовления является использование тонкостенного металлического лайнера в качестве технологической оснастки для выполнения операций намотки, термообработки, механической обработки бака. В процессе технологической отработки модельного бака было выявлено несколько технологических факторов, существенно влияющих на физико-механические свойства материала и целостность конструкции бака в процессе изготовления. Для технологической подготовки производства металлокомпозитного криогенного топливного бака требовалось решение двух задач по обеспечению устойчивости лайнера. Первая задача связана с обеспечением необходимой из технологических условий величины натяжения

ленты в процессе автоматизированной «мокрой» намотки. Вторая задача связана с обеспечением устойчивости тонкостенного лайнера, заключённого в композитный силовой слой при температурной обработке и образовании сжимающих напряжений.

В четвертой главе рассмотрены задачи, связанные с эксплуатацией металлокомпозитных криогенных топливных баков. Определены коэффициенты жёсткости и коэффициент температурного расширения стенки бака, учитывающие температурную деформацию сетчатого слоя по его толщине. Найдены контактные напряжения, действующие между слоями при охлаждении бака и внутреннем давлении.

В пятой главе представлен опыт изготовления модельного криогенного металлокомпозитного топливного бака, его испытаний и обсуждаются полученные экспериментальные результаты.

Шестая глава посвящена применению описанных выше методов проектирования и расчёта к полноразмерным конструкциям криогенных топливных баков перспективных ракет-носителей. Приведена комплексная модель оценки прочности металлокомпозитного криогенного топливного бака. Бак окислителя перспективной РН диаметром 4.1 м и длиной около 19.2 м был спроектирован по представленным методикам и подходам. Для целей проектирования принимаются максимальные нагрузки на обечайку бака – его цилиндрическую часть: расчётное внутреннее давление $p = 0,84$ МПа; расчётное осевое эквивалентное сжимающее усилие $T_{\text{экв}} = 11\,390,24$ кН. В качестве рабочего тела предполагается использование кислорода или сжиженного природного газа.

В заключении представлены основные результаты работы и сделаны выводы по ним.

Замечания по работе:

1. При изготовлении металлокомпозитного бака используются несколько видов материалов имеющих разнообразные разбросы по механическим

характеристикам при различных температурах. Необходимо было провести оценку предельных отклонений несущей способности изготовленных баков с учетом разработанной технологии и имеющегося оборудования, необходимых для выбора коэффициентов безопасности.

2. Не представлены сравнительные характеристики вафельных и металлокомпозитных баков по многократности использования, стоимости изготовления и гарантированных сроков хранения.

Указанные замечания не являются принципиальными недостатками, а служат ориентиром автору в дальнейшей работе.

В целом представленная работа выполнена на высоком научном уровне, актуальна, имеет большое практическое значение и соответствует требованиям ВАК, предъявляемым к докторским диссертациям, а её автор, Склезнев Андрей Анатольевич, заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 2.5.13.

Заместитель генерального конструктора
кандидат технических наук

В.И. Петрусев

Заместитель начальника отделения
кандидат технических наук

Е.Н. Волков

Ведущий научный сотрудник
кандидат технических наук

А.Я. Недбай