

## СВЕДЕНИЯ О РЕЗУЛЬТАТАХ ПУБЛИЧНОЙ ЗАЩИТЫ

**Диссертационный совет:** 24.2.327.09

**Соискатель:** Склезнев Андрей Анатольевич

**Тема диссертации:** Проектирование, конструкция и изготовление металлокомпозитных криогенных топливных баков для ракетно-космической техники

**Специальность:** 2.5.13. «Проектирование, конструкция, производство, испытания и эксплуатация летательных аппаратов»

**Решение диссертационного совета по результатам защиты диссертации:**

На заседании 19 октября 2023 года диссертационный совет пришел к выводу о том, что диссертация полностью удовлетворяет пунктам 9-14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. №842, и принял решение присудить Склезневу Андрею Анатольевичу ученую степень доктора технических наук.

**Присутствовали:**, д.т.н., проф. В.Н. Евдокименков, к.т.н. Д.Ю. Стрелец, д.т.н., проф. О.М. Алифанов, д.т.н. И.Г. Башкиров, д.т.н. М.В. Белов, д.т.н., доц. А.Г. Викулов, д.ф.-м.н., доц. А.В. Волков, д.т.н. Л.М. Гавва, д.т.н., проф. В.Г. Дмитриев, д.ф.-м.н. А.Л. Медведский, д.т.н., доц. О.В. Митрофанов, д.т.н., доц. А.М. Молчанов, д.т.н., проф. С.Г. Парафесь, д.ф.-м.н., проф. Л.Н. Рабинский, д.т.н., доц. М.В. Силуянова, д.т.н., проф. В.В. Фирсанов, д.т.н. В.И. Шевяков.

Ученый секретарь диссертационного совета

24.2.327.09, к.т.н.



*Алифанов* Д.Ю. Стрелец

*Алифанов*

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.327.09**  
созданного на базе Федерального государственного бюджетного  
образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный  
институт (национальный исследовательский университет)»  
Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
(МАИ)  
**по диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук**  
аттестационное дело № \_\_\_\_\_  
решение диссертационного совета от 19.10.2023 г., протокол № 22

О присуждении **Склезневу Андрею Анатольевичу**, гражданину Российской Федерации, ученой степени доктора технических наук.

Диссертация «Проектирование, конструкция и изготовление металлокомпозитных криогенных топливных баков для ракетно-космической техники» по специальности 2.5.13. – «Проектирование, конструкция, производство, испытания и эксплуатация летательных аппаратов» принята к защите «03» июля 2023, протокол заседания № 12, диссертационным советом 24.2.327.09 на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» (МАИ, Московский авиационный институт), 125993, Москва, Волоколамское шоссе, 4, приказ Минобрнауки России о создании совета № 1738/нк от 13.12.2022 г., приказ о внесении изменений в состав совета №1326/нк от 22.06.2023 г.

**Соискатель**, Склезнев Андрей Анатольевич, 19 января 1980 года рождения.

В 2002 году Склезнев А.А. окончил Государственное образовательное учреждения высшего профессионального образования «МАТИ» – Российский государственный технологический университет им. К.Э. Циолковского», получив степень магистра техники и технологии по направлению «Авиа- и ракетостроение».

В 2002 году поступил в аспирантуру Государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «МАТИ» – Российский государственный технологический университет им. К.Э. Циолковского», где подготовил диссертацию под руководством профессора кафедры «Механика и оптимизация процессов и конструкций» В.В. Васильева. В период с 2004 по 2010 годы работал на кафедре «Механика и оптимизация процессов и конструкций» федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «МАТИ» – Российский государственный технологический университет имени К.Э. Циолковского» заведующим лабораторией, ассистентом, старшим преподавателем. В 2011-2013

годах работал начальником Научно-исследовательской части Научного управления Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «МАТИ» – Российский государственный технологический университет имени К.Э. Циолковского», с 2013 по апрель 2020 являлся заместителем генерального директора АО «НИЧ «МАТИ». С мая 2020 года, включая период подготовки диссертации, работает в АО «ЦНИИСМ» в должности старшего научного сотрудника проектно-конструкторского отделения №10. По совместительству, с 2017 года является доцентом кафедры 1103 «Технология композиционных материалов, конструкций и микросистем» Института №11 федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)».

Решением диссертационного совета Д 212.110.07 «МАТИ» – Российского государственного технологического университета имени К.Э. Циолковского» от 23 декабря 2010 года №06/10 Склезневу А.А. была присуждена учёная степень кандидата технических наук (диплом ДКН № 132608). Приказом Министерства науки и высшего образования РФ от 29.06.2022 г. № 778/нк-2 ему присвоено учёное звание Доцента по специальности 2.5.13. «Проектирование, конструкция и производство летательных аппаратов» (аттестат ДОЦ № 010317).

Диссертация выполнена в проектно-конструкторском отделении 10 Акционерного общества «Центральный научно-исследовательский институт специального машиностроения» (АО «ЦНИИСМ»).

**Научный консультант** – доктор технических наук Разин Александр Федорович, генеральный директор и главный конструктор АО «ЦНИИСМ».

#### **Официальные оппоненты:**

1. **Азиков Николай Сергеевич** – гражданин Российской Федерации, доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник лаборатории теории механизмов и структуры машин федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт машиноведения им. А.А. Благонравова» Российской академии наук ИМАШ РАН, г. Москва.

2. **Ковалев Игорь Евгеньевич** – гражданин Российской Федерации, доктор технических наук, профессор, начальник Управления научной деятельностью федерального автономного учреждения «Центральный аэрогидродинамический институт имени профессора Н.Е. Жуковского» ФАУ «ЦАГИ» имени профессора Н.Е. Жуковского, МО г. Жуковский.

3. **Бурнышева Татьяна Витальевна** – гражданин Российской Федерации, доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой прочности летательных аппаратов федерального государственного бюджетного образовательного

учреждения высшего образования «Новосибирский государственный технический университет» НГТУ, г. Новосибирск.

Все оппоненты дали положительные отзывы о диссертации.

**Ведущая организация** – федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева» СибГУ им. М.Ф. Решетнева, г. Красноярск, в своём положительном отзыве, обсуждённом на заседании кафедры компьютерного моделирования (протокол №2 от 11.09.2023 г.), подписанном заведующим кафедрой компьютерного моделирования, доктором технических наук, профессором А.В. Лопатиным и утвержденным проректором по научной и инновационной деятельности ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева», доктором физико-математических наук, профессором Ю.Ю. Логиновым, указала, что диссертационная работа удовлетворяет требованиям ВАК Российской Федерации, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора наук, а её автор – Склезнев Андрей Анатольевич, заслуживает присуждения этой ученой степени по специальности 2.5.13. - «Проектирование, конструкция, производство, испытания и эксплуатация летательных аппаратов».

Соискатель имеет по теме диссертации 27 опубликованных работ, включающих 12 статей, опубликованных в рецензируемых научных изданиях, входящих в перечень рецензируемых научных изданий ВАК Минобрнауки РФ по специальности 2.5.13., 2 статьях, опубликованных в научных изданиях, индексируемых в международной базе данных Scopus, 3 статьях в журналах перечня ВАК по смежным специальностям, 2 работах, опубликованных в сборниках материалов конференций. Получено 2 патента на изобретения, 1 патент на полезную модель и 5 свидетельств о регистрации программ для ЭВМ. Наиболее значимыми научными работами по теме диссертации являются:

**Статьи в рецензируемых журналах перечня ВАК по специальности 2.5.13.:**

- 1) Склезнев А.А., Васильев В.В. Продольные и изгибные колебания сетчатого композитного переходного отсека космического аппарата // Механика композиционных материалов и конструкций. – 2009. – №2, том. 15. – С. 242-256. (1,02 п.л. / 0,88 п.л.). Перечень ВАК, действующий до 30.11.2015, п. 1269

Соискателем Склезневым А.А. разработана математическая модель и проведены расчёты собственных частот сетчатых композитных отсеков.

- 2) Склезнев А.А. Прикладной метод определения собственных частот колебаний сетчатых композитных конструкций космических аппаратов // Механика композиционных материалов и конструкций. – 2010. – №2, том.

16. – С. 241-251. (0,75 п.л.). Перечень ВАК, действующий до 30.11.2015, п. 1269

Соискателем Склезневым А.А. предложен прикладной метод определения динамических характеристик сетчатых композитных структур.

- 3) Склезнев А.А., Васильев В.В. Влияние осевой силы на частоту продольных колебаний сетчатого композитного переходного отсека космического аппарата // Механика композиционных материалов и конструкций. – 2012.– №1, том 18. – С. 57-63. (0,54 п.л. / 0,48 п.л.). Перечень ВАК, действующий до 30.11.2015, п. 1269

Соискателем Склезневым А.А. разработана математическая модель, проведены расчёты и получена закономерность влияния осевой нагрузки на динамические характеристики анизотропных структур.

- 4) Склезнев А.А., Разин А.Ф. Бетонные конструкции с сетчатой композитной арматурой // Композиты и наноструктуры. – 2015.– №3 (27), том 7. – С.145-150. (0,4 п.л./ 0,4 п.л.). Перечень ВАК, действующий до 30.11.2015, п. 1126

Соискателем Склезневым А.А. предложена концепция армирования колонн сетчатыми структурами, проведены расчёты, разработана программа и методика экспериментальных исследований.

- 5) Склезнев А.А., Мироненко Е.Д., Бабичев А.А. К вопросу обеспечения оптимального натяжения вант композитного бака высокого давления космического аппарата // Вестник «НПО имени С.А. Лавочкина». – 2019. – №1/43. – С.66-70. (0,34 п.л./ 0,14 п.л.). Перечень ВАК по состоянию на 22.10.2021, п. 491

Соискателем Склезневым А.А. проведено конечно-элементное моделирование и проведены численные расчёты.

- 6) Склезнев А.А., Бабичев А.А., Васильев В.В., Разин А.Ф., Шаныгин А.Н., Фомин Д.Ю., Марескин И.В. Сопротивление композитных сетчатых конструкций ударному повреждению // Конструкции из композиционных материалов – межотраслевой научно-технический журнал. – 2021. – №3 (163). – С.3-6. (0,27 п.л./ 0,1 п.л.). Перечень ВАК по состоянию на 22.10.2021, п. 1277

Соискатель Склезнев А.А. разработал конструкцию образца сетчатой панели для экспериментальных исследований и руководил изготовлением опытных образцов для проведения испытаний.

- 7) Склезнев А.А., Бабичев А.А. К вопросу расчёта жёсткостных характеристик сетчатых композитных конструкций с металлическими обшивками // Вестник Московского авиационного института. – 2022. – № 2, Т. 29. – С. 220–227. (0,56 п.л. / 0,52 п.л.). Перечень ВАК по состоянию на 29.03.2022, п. 435

Соискателем Склезневым А.А. проведены расчёты жёсткостных параметров и характеристик сетчатых оболочек из композитного материала с металлическими обшивками и построена методика их оптимального проектирования по минимуму массы.

- 8) Склезнев А.А., Васильев В.В. Устойчивость лейнера цилиндрического композитного баллона давления // Механика композиционных материалов и конструкций. – 2022. – № 2, Т. 28. – С. 235–246. (0,84 п.л. / 0,5 п.л.). Перечень ВАК по состоянию на 29.03.2022, п. 1470

Соискателем Склезневым А.А. проведены вычисления и предложена полуэмпирическая формула для определения критической деформации.

- 9) Склезнев А.А., Агапов И.Г., Червяков А.А. Решение задачи оптимизации в целях проектирования сетчатой структуры из полимерных композиционных материалов с наружной обшивкой // Научный Вестник МГТУ ГА. – 2022. – № 4, Т. 25. – С. 70–82. (0,91 п.л. / 0,7 п.л.). Перечень ВАК по состоянию на 20.07.2022, п. 1662

Соискателем Склезневым А.А. проведена оптимизация параметров сетчатой конструкции с наружной обшивкой.

- 10) Склезнев А.А., Васильев В.В., Салов В.А. Устойчивость бесконечно длинной цилиндрической оболочки под действием наружного давления, создаваемого намоткой гибких нитей // Известия РАН. Механика твёрдого тела. – 2022. – № 6. – С. 63–71. (0,63 п.л. / 0,3 п.л.). Справочная информация к Перечню ВАК по состоянию на 12.04.2022, п. 636

Соискателем Склезневым А.А. разработаны образцы для экспериментальных исследований, проведены расчёты.

- 11) Склезнев А.А. Устойчивость лейнера цилиндрического металлокомпозитного бака при осевом сжатии // Конструкции из композиционных материалов – межотраслевой научно-технический журнал. – 2023. – №2 (170). – С. 3-7 (0,56 п.л. / 0,56 п.л.). Перечень ВАК по состоянию на 29.03.2023, п. 1412

Соискателем Склезневым А.А. при помощи метода Бубнова-Галёркина получено универсальное выражение для определения критической деформации тонкого изотропного лейнера, находящегося в жёсткой композитной оболочке, зависящее от его жёсткости и геометрических размеров.

- 12) Склезнев А.А., Титов В.А., Юранев О.А., Разин А.Ф., Бабичев А.А., Пшеничников И.В., Бородулин Д.А. Проектирование и изготовление криогенных металлокомпозитных топливных баков // Конструкции из композиционных материалов – межотраслевой научно-технический журнал.

– 2023. – №2 (170). – С. 12-20 (0,84 п.л. / 0,6 п.л.). Перечень ВАК по состоянию на 29.03.2023, п. 1412

Соискателем Склезневым А.А. предложена методика проектирования и расчёта металлокомпозитного криогенного топливного бака, разработана технология изготовления, проведён расчёт и изготовлен модельный бак, при участии автора проведены экспериментальные исследования.

**Статьи, опубликованные в научных изданиях, индексируемых в международной базе данных Scopus:**

- 13) Skleznev A.A., Razin A.F., Babichev A.A. Arctic Building Material Reinforced by Composite Lattice Structure // Materials Science Forum. – 2019. – Vol.945. – P. 15-19. (0,34 п.л. / 0,22 п.л.).

Соискателем Склезневым А.А. предложена концепция армирования льда сетчатыми структурами, проведены экспериментальные исследования и расчёты стеснённых упругой средой сетчатых структур.

- 14) Skleznev A.A., Vasiliev V.V., Salov V.A. Stability of an Infinitely Long Cylindrical Shell Under the External Pressure Generated by Winding Flexible Threads // Mechanics of Solids. – 2022. – Vol. 57, Issue 6. – P. 1330–1337. (0,56 п.л. / 0,2 п.л.).

Соискателем Склезневым А.А. выполнен анализ результатов экспериментальных исследований и получено уравнение для определения критической силы натяжения гибкой системы нитей.

**Патенты на изобретения, полезные модели и Программы для ЭВМ:**

- 15) Склезнев А.А. Программное обеспечение для проектирования цилиндрических и конических сетчатых композитных конструкций с учётом ограничений по частоте свободных колебаний // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2015614055 Заявка 2015610871, 17.02.2015 Оpubл. 20.05.2015.

Соискателем Склезневым А.А. разработано программное обеспечение для проектирования сетчатых структуры.

- 16) Склезнев А.А. Программное обеспечение для проектирования композитного сетчатого крыла самолёта // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2015614050 Заявка 2015610870, 17.02.2015. Оpubл. 20.05.2015.

Соискателем Склезневым А.А. разработано программное обеспечение для проектирования кессона крыла летательного аппарата сетчатой структуры.

17) Склезнев А.А., Васильев В.В., Разин А.Ф. Композитобетонная колонна // Патент РФ на полезную модель №155801 МПК E04C 3/20 (2006.01) Заявка 2015124761/03, 24.06.2015 Оpubл. 20.10.2015 Бюл. № 29.

Соискателем Склезневым А.А. предложена методика армирования конструкционных элементов сетчатыми структурами.

18) Склезнев А.А., Борисов В.Н., Бабичев А.А., Палкин А.Н. Адаптер для нескольких полезных нагрузок в виде сетчатой оболочки из полимерных композиционных материалов // Патент РФ на изобретение №2749468 МПК B64G 1/22 (2006.01) Заявка 2020141538, 15.12.2020 Оpubл. 11.06.2021 Бюл. № 17.

Соискателем Склезневым А.А. предложена конструкция переходного адаптера для одновременного размещения нескольких полезных нагрузок, проведено конечно-элементное моделирование и выполнены расчёты напряжённо-деформированного состояния изделия. Заявитель АО «ЦПР».

19) Склезнев А.А., Бабичев А.А. Программное обеспечение для расчёта максимальной силы натяжения раскладчика // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2021662511 Заявка 2021660949, 08.07.2021 Оpubл. 30.07.2021.

Соискатель Склезнев А.А. разработал алгоритм работы программы и составил программный код.

20) Склезнев А.А., Бабичев А.А. Программное обеспечение для расчёта минимального давления наддува лейнера заготовки композитного бака давления // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2021662801 Заявка 2021660959, 06.07.2021 Оpubл. 05.08.2021.

Соискатель Склезнев А.А. разработал алгоритм работы программы и составил программный код.

21) Склезнев А.А., Васильев В.В., Разин А.Ф., Салов В.А. Несущая сетчатая оболочка из композиционных материалов с металлической обшивкой и способ её изготовления // Патент РФ на изобретение №2765630 МПК B64C 1/22 (2006.01) Заявка 2020138744, 24.11.2020 Оpubл. 01.02.2022 Бюл. № 4.

Соискателем Склезневым А.А. предложена конструктивная концепция тонкостенных сетчатых оболочек из ПКМ, снабжённых наружной металлической обшивкой, проведено моделирование конструкции. Заявитель АО «ЦНИИСМ».

22) Склезнев А.А., Бабичев А.А., Кузьмин А.А., Слитков М.Н. Программное обеспечение для анализа температурного режима обработки габаритных изделий из армированных полимерных композиционных материалов // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ



№2022617776 от 25.04.2022 Заявка 2022615243, 28.03.2022.  
Опубл. 25.04.2022.

Соискатель Склезнев А.А. участвовал в разработке алгоритма работы программы и осуществлял отладку и тестирование программного обеспечения. Заявитель АО «ЦНИИСМ».

**Статьи в рецензируемых журналах перечня ВАК по смежным специальностям, тезисы конференций, включая опубликованные в научных изданиях, индексируемых в международной базе данных Scopus:**

- 23) Skleznev A.A., Vasiliev V.V., Razin A.F. Application of Lattice Composite Structures as Reinforcing Elements of Concrete Columns // ECCM 2016 – Proceeding of the 17th European Conference on Composite Materials, Munich, Deutschland, 26-30 June 2016: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85018619142>. (0,42 п.л./ 0,38 п.л.).

Соискателем Склезневым А.А. предложена концепция армирования строительных конструкций сетчатыми структурами из ПКМ, проведены расчёты, проведены экспериментальные исследования.

- 24) Склезнев А.А. Проектирование композитного криогенного топливного бака с несущей сетчатой обечайкой // Сборник трудов 10-й Всероссийской научной конференции «Механика композиционных материалов и конструкций, сложных и гетерогенных сред» – г. Москва, 17-19 ноября 2020 г., М.: ООО «Сам Полиграфист», 2020 г. – С. 205-208. (0,27 п.л.).

Соискателем Склезневым А.А. разработана новая конструктивно-технологическая концепция металлокомпозитного криогенного топливного бака.

- 25) Склезнев А.А., Бабичев А.А., Борисов В.Н. Поликонический композитный сетчатый адаптер полезной нагрузки и технология его изготовления // Известия Волгоградского государственного технического университета – 2021, № 2(249) – С. 52-55. (0,27 п.л./ 0,25 п.л.).

Соискателем Склезневым А.А. проведено конечно-элементное моделирование и выполнены расчёты напряжённо-деформированного состояния переходного отсека сетчатой структуры из полимерных композитных материалов, предназначенного для одновременного размещения нескольких полезных нагрузок.

- 26) Склезнев А.А., Анискович В.А., Будадин О.Н., Козельская С.О., Кутюрин Ю.Г., Рыков А.Н., Гнусин П.И., Юранёв О.А. Интегрирование волоконно-оптических датчиков в композитный цилиндрический корпус из углепластика, изготовленный способом непрерывной намотки // Контроль. Диагностика – 2022, № 2, Т. 25 – С.16-23. (0,56 п.л. / 0,1 п.л.).

Соискателем Склезневым А.А. разработана технология размещения измерительных систем внутри материала конструкции криогенного топливного металлокомпозитного бака, проведена технологическая отработка процесса сохранения выводов и коннекторов оптоволоконных систем в процессе механической обработки и изготовления изделия.

- 27) Склезнев А.А., Бабичев А.А., Разин А.Ф. Исследование взаимного влияния заготовки изделия из полимерного композиционного материала и технологической оправки друг на друга в процессе изготовления при температурной обработке // Южно-Сибирский научный вестник – 2023. – № 1(47) – С.56-60. (0,35 п.л./ 0,3 п.л.).

Соискателем Склезневым А.А. построена математическая модель взаимного влияния металлической оправки и композитного изделия, проведены численные расчёты и выполнен анализ полученных результатов.

**В диссертационной работе отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах, в которых изложены основные научные результаты, представленные в диссертации.**

**На диссертацию и автореферат поступили следующие отзывы:**

**1) Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева» СибГУ им. М.Ф. Решетнева, ведущая организация. Отзыв положительный.** Подписан заведующим кафедрой компьютерного моделирования, доктором технических наук, профессором А.В. Лопатыным и утвержден проректором по научной и инновационной деятельности ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева», доктором физико-математических наук, профессором Ю.Ю. Логиновым.

К работе имеются следующие замечания:

1. Разработанное программное обеспечение создано в среде Maple, не получившего широкого распространения на предприятиях, производящих ракетную и космическую технику.
2. В задаче о потере устойчивости цилиндрической части тонкостенного лейнера отсутствует аналогичный анализ для днища.
3. Отсутствует информация о возможности многоразового применения конструкции металлокомпозитного криогенного топливного бака и об анализе его ремонтпригодности в связи с повторным использованием.
4. В диссертации имеется ряд опечаток и некорректное использование знака частной производной.

2) **Азиков Николай Сергеевич**, официальный оппонент, доктор технических наук, профессор. **Отзыв положительный**, заверен ведущим специалистом по кадрам ИМАШ РАН Розановым С.М.

По диссертации имеются следующие замечания.

1. В работе не уделено достаточного внимания прочности композитного материала шпангоутов в зонах мест крепления к смежным элементам конструкций.
2. Отсутствуют оценки влияния отверстий и люков в днищах бака на несущую способность и технологичность изготовления.
3. В случае длительного воздействия различных факторов космического пространства, в частности, ионизирующего излучения, глубокого вакуума, значительного перепада температур в расчётах не учитывалась деградация физико-механических характеристик композитного материала.
4. Имеются некоторые опечатки по тексту работы и автореферата

3) **Ковалев Игорь Евгеньевич**, официальный оппонент, доктор технических наук, профессор. **Отзыв положительный**, заверен Учёным секретарём Учёного совета ФАУ «ЦАГИ» доктором технических наук, доцентом Таковицким С.А.

Замечания по диссертационной работе.

1. При описании сетчатых структур в диссертации кроме спиральных и кольцевых рёбер упомянуты также и продольные рёбра, однако они отсутствуют в конструкции стенки криогенного бака
2. В работе недостаточно раскрыта информация о контроле образцов-свидетелей композитного материала в части механических характеристик, а также о проведении дефектовки модельного бака после испытаний на наличие расслоений, трещин, смятия
3. Марки и характеристики волоконно-оптических измерительных систем не приведены в тексте диссертации, не описано также какое измерительное оборудование необходимо использовать для снятия их показаний

4) **Бурнышева Татьяна Витальевна**, официальный оппонент, доктор технических наук, доцент. **Отзыв положительный**, заверен начальником отдела кадров НГТУ Пустоваловой О.К.

Замечания по диссертационной работе.

1. В представленных задачах оптимального проектирования конструкции топливного бака (п.2.4.3) соискателем проводится расчёт массы сетчатой структуры с учётом толщины спиральных и кольцевых рёбер, следовало

учесть геометрические параметры шпангоутов, как отдельного вида структурных элементов конструкции.

2. Криогенные топливные баки представляют собой конструкцию с многоэлементной структурой из разных материалов. При этом представленная в диссертации технология изготовления направлена на изготовление цельной конструкции, а не разборной. Из диссертационной работы непонятно как в расчётной конечно-элементной модели задавалось совместное деформирование металлического лайнера и композитной сетчатой структуры
3. В силовом наборе сетчатой структуры модельного бака спиральные и кольцевые рёбра работают на сжатие и растяжение. Как осуществлялся выбор толщины обшивки рёберной структуры для модельного бака с учётом планируемых нагрузок на сетку? Проводились ли численные расчёты?

5) **АО «Корпорация «Московский институт теплотехники»**, отзыв на автореферат. **Отзыв положительный**, подписан заместителем генерального конструктора, к.т.н. В.И. Петрусевым, заместителем начальника отделения, к.т.н. Е.Н. Волковым и ведущим научным сотрудником, к.т.н. А.Я. Недбай, утвержден генеральным конструктором АО «Корпорация МИТ» академиком РАН, доктором технических наук, профессором Ю.С. Соломоновым.

В качестве замечаний необходимо отметить следующее:

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 учётом 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.

6) **ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова» (МГУ)**, отзыв на автореферат. **Отзыв положительный**, подписан Заведующим кафедрой Механики композитов, д.ф.-м.н., профессором В.И. Горбачевым, заверен начальником отдела кадров МГУ.

Замечаний нет.

7) **АО «Информационные спутниковые системы» имени академика М.Ф. Решетнёва» (АО «Решетнёв»)**, отзыв на автореферат. **Отзыв положительный**, подписан заместителем генерального директора по науке АО «Решетнёв», д.ф.-м.н., доцентом К.Г. Охоткиным.

В качестве замечаний необходимо отметить следующее:

1. В представленной работе стоило более подробно раскрыть вопрос закрепления разработанного бака, из текста автореферата не ясно проводились ли испытания элементов крепления бака и оценка их влияния на напряженно-деформируемое состояние бака.
2. В разработанном технологическом процессе изготовления отсутствует проверка герметичности бака – одного из основных параметров для сосудов, работающих под давлением.
3. При испытаниях модельного бака до и после температурного захлаживания, а также силового нагружения не применялись чувствительные масс-спектрометрические методы контроля герметичности.

**8) ФГБОУ ВО «Московский государственный технологический университет «СТАНКИН» (МГТУ «СТАНКИН»)**, отзыв на автореферат. **Отзыв положительный**, подписан проректором по научной деятельности ФГБОУ ВО МГТУ «СТАНКИН», д.т.н. Д.Ю. Колодяжным.

В качестве замечаний необходимо отметить следующее:

1. Не раскрыта информация о планируемых для применения для изготовления конструкций подобного рода станках и технологическом оборудовании: намоточное, термошкафа, обрабатывающее. Возможно ли применение отечественного оборудования, или нет.

**9) Конструкторское бюро «Салют» Акционерного общества «Государственный космический научно-производственный центр имени М.В. Хруничева» (КБ Салют)**, отзыв на автореферат. **Отзыв положительный**, подписан заместителем Генерального конструктора КБ «Салют» – начальником направления по расчётным работам и полётным заданиям, к.т.н. А.Г. Бахтиным, утверждён Первым заместителем Генерального конструктора КБ «Салют», д.т.н., профессором А.В. Владимировым.

В качестве замечаний необходимо отметить следующее:

1. В автореферате отсутствует прямое сравнение расчётных и экспериментальных данных по температурному состоянию типовых баков в процессе захлаживания до криогенных температур.
2. Возможно, следовало бы оговорить, что предлагаемые новые конструкции прежде всего применимы к бакам, в которых нет необходимости устанавливать внутрибаковые устройства.
3. В автореферате не раскрыты аббревиатуры ВОД и ВБР, что затрудняет анализ текста.

**10) Акционерное общество «Научно-производственное объединение им. С.А. Лавочкина» АО «НПО Лавочкина»** отзыв на автореферат. **Отзыв**

**положительный**, подписан главным научным сотрудником «НПО Лавочкина», д.т.н., профессором В.В. Ефановым, утвержден Первым заместителем генерального директора – генеральным конструктором АО «НПО Лавочкина», к.т.н. А.Е. Ширшаковым.

В качестве замечаний необходимо отметить следующие:

1. В автореферате не описан модифицированный метод оптимизации вафельной конструкции бака.
2. Из автореферата неясно, учитывается ли в процессе проектирования и расчёта изменение внешнего температурного воздействия на топливные баки.
3. Не приведена оценка влияния факторов космического пространства, которые могут оказать воздействие на матрицу полимерного композитного материала в процессе эксплуатации, учитывая перспективы многоразового использования конструкции.

**11) ФГБУН «Институт прикладной механики Российской академии наук»** отзыв на автореферат. **Отзыв положительный**, подписан главным научным сотрудником лаборатории неклассических моделей механики композитных материалов и конструкций ИПРИМ РАН д.т.н., проф. С.А. Лурье, заверен И.о. директора ИПРИМ РАН, к.ф.-м.н. С.И. Жаворонком.

Без замечаний.

**12) ПАО «Яковлев»** отзыв на автореферат. **Отзыв положительный**, подписан начальником отделения – заместителем главного конструктора по прочности ПАО «Яковлев» П.Н. Гусевым, утверждён начальником КБ ПАО «Яковлев» А.Г. Яшутиним.

В качестве замечания необходимо отметить следующее:

1. Не приведена информация о возможности размещения отверстий или фитингов на днищах баков, и не исследовано влияние их геометрических размеров и места размещения на работоспособность конструкции.
2. Незначительное количество опечаток в тексте.

**13) АО «Центральный научно-исследовательский институт машиностроения» АО «ЦНИИмаш»** отзыв на автореферат. **Отзыв положительный**, подписан начальником отдела температурно-статической прочности, к.ф.-м.н. А.Э. Колозезным, начальником лаборатории отдела температурно-статической прочности О.А. Юраневым, заверен Главным учёным секретарём АО «ЦНИИмаш», д.т.н. В.Ю. Ключниковым.

В качестве замечаний необходимо отметить следующее:

1. В автореферате не приведена оценка необходимости применения дополнительной наружной теплозащиты при эксплуатации металлокомпозитного бака с криогенным топливом.
2. Из автореферата неясно, рассматриваются ли в работе вопросы крепления внутрибаковых устройств.
3. В автореферате не приведены механические характеристики применяемых материалов, отсутствует информация по вопросу исследования таких характеристик на образцах свидетелях.

**14) Филиал военной академии РВСН имени Петра Великого (г. Серпухов)** отзыв на автореферат. **Отзыв положительный**, подписан профессором кафедры №13, д.т.н., профессором Павловым А.А., начальником кафедры №13, полковником И. Корнеевым, утверждён заместителем начальника филиала военной академии по учебной и научной работе, полковником Д. Ковальковым.

В качестве замечаний необходимо отметить следующее:

1. В автореферате не раскрыта информация о контроле образцов-свидетелей композитного материала в части их механических характеристик до и после проведения экспериментальных исследований, а также дефектовке конструкции после испытаний на наличие расслоений, деламинаций, трещин и т.д.
2. Отсутствует информация по химической и биологической стойкости компонентов применённых материалов, в автореферате не приведены физико-механические характеристики применяемых в конструкции материалов.

**15) ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)»** отзыв на автореферат. **Отзыв положительный**, подписан заведующим кафедрой «Ракетно-космические композитные конструкции» МГТУ им. Н.Э. Баумана, д.т.н., профессором С.В. Резником, доцентом кафедры «Ракетно-космические композитные конструкции», д.т.н. А.А. Азаровым, заверен зам. начальника управления кадров Назаровой О.В.

В качестве замечаний необходимо отметить следующее:

1. В главе 2 указано, что для оценки массы металлических аналогов разработан и применён модифицированный метод оптимального проектирования металлических вафельных конструкций, при этом остаётся неясным, в чём именно состоит модификация по сравнению с существующими методами и чем вызвана её необходимость?
2. В автореферате практически отсутствует информация о результатах, полученных при испытаниях модельного образца бака. В частности,

отсутствуют данные о деформациях стенки бака, полученных при помощи интегрированных оптоволоконных датчиков.

**16) ФГБОУ ВО «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова» отзыв на автореферат. Отзыв положительный**, подписан профессором кафедры «Горное дело», д.т.н. Д.Н. Шурыгиным, заверен Начальником УП ЮРГПУ (НПИ) Иванченко Г.Г.

В качестве замечания необходимо отметить следующее:

1. Не оценивается влияние внешнего температурного воздействия на топливный бак.
2. Нет информации о характеристиках использованных измерительных систем с решётками Брэгга, производителе оптоволокна, оборудовании для снятия показаний, методиках измерений.
3. Имеются незначительные погрешности и опечатки.

**17) АО «Композит» отзыв на автореферат. Отзыв положительный**, подписан начальником отдела 0241 АО «Композит», к.т.н. К.В. Михайловским, утверждён генеральным директором АО «Композит», д.т.н. А.Г. Бересневым.

В качестве замечания необходимо отметить следующее:

1. В работе предложены математические модели для оценки напряжённо-деформированного состояния металлокомпозитных криогенных топливных баков, но не указано как влияет адгезионная прочность на границе раздела металлического лайнера с композиционной оболочкой на полученные зависимости с учётом широкого диапазона температур эксплуатации.
2. В работе для исследования деформаций в модели металлокомпозитного криогенного топливного бака при испытаниях используется измерительная система на основе волоконно-оптических датчиков, но остаётся неясным, использована ли данная система для определения остаточных деформаций и напряжений на стадии получения и учтены ли они в математических моделях.
3. В автореферате не в полной мере отражён выбор материалов металлокомпозитных криогенных топливных баков, которые позволяют достичь высокого снижения массы.

**18) АО «Научно-исследовательский институт конструкционных материалов на основе графита «НИИГрафит» отзыв на автореферат. Отзыв положительный**, подписан заместителем директора по науке и инновациям «НИИГрафит», к.т.н. А.Р. Гареевым, старшим научным сотрудником «НИИГрафит», к.т.н. А.В. Хохловым, заверен Директором АО «НИИГрафит» А.И. Голиней.



В качестве замечаний необходимо отметить следующее:

1. При решении задач устойчивости лейнера (линейно упругой цилиндрической оболочки) было бы полезно рассмотреть неосесимметричные формы потери устойчивости и влияние несовершенств формы лейнера (отклонение формы лейнера от полого кругового цилиндра, неоднородностей вдоль оси цилиндра, отклонение поперечного сечения лейнера от кольца, вариации его толщины по окружности и т.п.).
2. Было бы полезно исследовать вопрос о влиянии на конструкцию и её свойства малоцикловых нагружений и термоциклирования (примерно 10 циклов), поскольку в них, возможно, проявились бы вязкоупругие свойства материалов конструкции (их много в конструкции), которыми в работе пренебрегается, и вопрос о возможном отслоении пенопласта при вибронгрузках.
3. Было бы полезно составить перечень основных видов отказов оптоволоконных датчиков и их причин, особенно опасных для датчиков мест на проектируемой конструкции и список мер, которые следует применять для снижения вероятности отказов.

**19) АО «Государственный ракетный центр имени академика В.П. Макеева» АО «ГРЦ Макеева» отзыв на автореферат. Отзыв положительный,** подписан заместителем генерального конструктора по проектированию изделий и комплексов Голуновым М.С., начальником отдела нагрузок и прочности Лямкиным В.И., ведущим научным сотрудником отдела нагрузок и прочности, к.ф.-м.н. Мухачёвым А.Г., главным учёным секретарём АО «ГРЦ Макеева», к.т.н. Калашниковым С.Т., утверждён генеральным директором, генеральным конструктором, д.т.н., профессором, академиком РАН В.Г. Дегтярем.

В качестве замечаний необходимо отметить следующее:

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.

**20) ФГАОУ ВО «Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет)» МФТИ отзыв на автореферат. Отзыв положительный**, подписан заведующим лабораторией к.т.н. Свиридовым А.А., заверен Учёным секретарём учёного совета МФТИ, к.ф.-м.н., доцентом Е.Г. Евсеевым.

В качестве замечаний необходимо отметить следующее:

1. Не уточнено, какие программные средства для расчёта методом конечных элементов применены в работе.
2. Недостаточно подробно рассмотрены вопросы внутреннего наполнения бака, в частности, технологии закрепления различных конструкционных элементов.

**Выбор официальных оппонентов и ведущей организации** обосновывается наличием публикаций в соответствующей сфере исследования, компетентностью, имеющимся у них большим опытом проектирования и исследований в области прочности конструкций из композиционных материалов, в том числе, в области соответствующей паспорту специальности 2.5.13. – «Проектирование, конструкция, производство, испытания и эксплуатация летательных аппаратов» и способностью определить научную и практическую ценность диссертации.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева» – ведущая организация, является одним из крупнейших центров, опорным вузом Красноярского края, проводящим фундаментальные и прикладные исследования в области аэрокосмических систем, конструкций и технологий, в том числе проектирования, изготовления, расчёта на прочность, ресурс и надежность летательных аппаратов. Заключение по диссертационной работе обсуждено на заседании кафедры компьютерного моделирования и подписано ученым, который непосредственно занимается вопросами, связанными с проектированием, конструкцией и экспериментальной отработкой аэрокосмических конструкций из полимерных композиционных материалов. Лопатин А.В. – крупный специалист и ученый, известный в России и за рубежом в области анализа, проектирования и расчёта конструкций из композитов.

Азиков Николай Сергеевич – автор более 70 работ в области композиционных материалов. Занимается вопросами устойчивости и несущей способности пластин и панелей из слоистых композитов при сжатии и сдвиге.

Ковалев Игорь Евгеньевич – автор более 80 работ в области проектирования и прочности конструкций авиационных и космических летательных аппаратов и систем.

Бурнышева Татьяна Витальевна – автор более 90 работ в области конструкций из композитов. Занимается вопросами проектирования и расчёта на прочность и устойчивость анизотропных сетчатых конструкций из полимерных композитных материалов.

**В дискуссии приняли участие:**

Фамилия, имя, отчество	Ученая степень, шифр специальности в совете
Алифанов Олег Михайлович	д.т.н., 2.5.12.
Силуянова Марина Владимировна	д.т.н., 2.5.13.
Парафесь Сергей Гаврилович	д.т.н., 2.5.13.
Рабинский Лев Наумович	д.ф.-м.н., 2.5.14.
Гавва Любовь Михайловна	д.т.н., 2.5.13.

**Диссертационный совет отмечает,** что диссертация написана автором самостоятельно, обладает внутренним единством, на основании выполненных соискателем исследований разработана новая конструктивно-технологическая концепция несущего металлокомпозитного криогенного топливного бака для ракетно-космической техники, решена комплексная проблема проектирования, расчёта, разработки технологии изготовления и экспериментальной отработки нового класса криогенных металлокомпозитных топливных баков ЛА.

**Новизна полученных результатов заключается в том, что:**

Созданы и отработаны принципиально новые конструктивные решения криогенных топливных баков на основе металлокомпозитных ёмкостей и силовых сетчатых структур, отличающиеся интегральностью конструкции, повышающие весовую и экономическую эффективность изделий ракетно-космической техники.

Разработаны методы проектирования и теоретическая база с методическим и программно-алгоритмическим обеспечением, позволяющим обеспечить выбор оптимального облика и параметров компоновки бака, требуемые запасы прочности, в т.ч.:

- Впервые решена теоретически (на основе нелинейных уравнений теории оболочек) и экспериментально подтверждена задача устойчивости цилиндрической оболочки при нагружении давлением, вызванным натяжением гибкой системы нитей.
- Решена на основе нелинейных уравнений теории оболочек задача устойчивости тонкостенного лейнера, заключённого в композитный силовой слой при условии воздействия температурной обработки.
- Решена задача устойчивости лейнера бака, находящегося в жёсткой среде, при условии действия осевой сжимающей силы.

- Решена задача о взаимодействии сетчатой оболочки с наружными обшивками и металлическим лайнером, при условии учёта деформируемости сетчатой оболочки в радиальном направлении. Разработана математическая модель силовой стенки бака, позволяющая вычислить коэффициенты жёсткости и теплопроводности стенки бака, деформации и прогибы функциональных слоёв стенки бака.
- Разработана комплексная модель оценки прочности конструкции металлокомпозитного криогенного топливного бака, работоспособная на всех этапах жизненного цикла изделия, при проектировании, изготовлении, испытаниях и эксплуатации.

На основе теоретических исследований и разработанных моделей исследовано контактное взаимодействие между функциональными слоями силовой стенки металлокомпозитного криогенного бака интегральной конструкции, которое может привести к отслоению металлического лайнера при действии криогенных температур. Получены новые закономерности изменения контактных сил от изменения температуры и величины внутреннего давления.

Исследовано влияние подкрепляющего шпангоута на контактные силы, возникающие между силовой композитной оболочкой и металлическим лайнером и установлен новый эффект: контактные силы, приводящие к отслаиванию лайнера и нарушению целостности конструкции при действии криогенных температур, значительно возрастают в зоне размещения шпангоута. Что позволяет снизить величину возникающих контактных сил при помощи модифицированной конструкции шпангоута.

**Теоретическая и практическая значимость** работы заключается в следующем:

- Построены расчётные соотношения для оценки поведения функциональных слоёв стенки металлокомпозитного криогенного бака в широком диапазоне эксплуатационных температур и силового нагружения.
- Получены расчётные соотношения для определения технологических параметров изготовления и эксплуатационных параметров металлокомпозитных криогенных топливных баков с учётом сохранения устойчивости и прочности тонкостенного металлического лайнера.
- Разработана новая производственная технология изготовления металлокомпозитных криогенных топливных баков, заключающаяся в использовании металлокомпозитного бака в качестве технологической оснастки при изготовлении силовой сетчатой несущей структуры криогенного топливного бака.
- Разработана производственная технология внедрения измерительных систем на основе волоконно-оптических датчиков в материал и конструкцию

металлокомпозитных криогенных топливных баков без ухудшения прочностных свойств полимерного композитного материала.

– На основе полученных практических результатов создано Программное обеспечение для расчёта технологических параметров изготовления металлокомпозитных криогенных топливных баков.

Применение в топливных баках ракет-носителей металлокомпозитных криогенных топливных баков, разработанных при помощи предлагаемых методик, позволяет снизить их массу до 35% по сравнению металлическими аналогами. Трудоёмкость изготовления металлокомпозитного бака снижается до 50%, а коэффициент использования материалов (КИМ) на порядок превосходит КИМ для вафельных баков из металлических сплавов.

**Значение полученных соискателем результатов исследования для практики** подтверждается тем, что разработаны и внедрены методики расчёта технологических параметров, специализированное программное обеспечение для определения максимальной силы натяжения и минимального давления наддува при изготовлении металлокомпозитных ёмкостей (получены акты внедрения в АО «ЦНИИСМ» и АО «Центр перспективных разработок»), разработана и внедрена в производство технология изготовления баков из полимерных композиционных материалов с тонкостенным металлическим лейнером (получен акт внедрения в АО «ЦНИИСМ»).

**Результаты диссертационной работы рекомендуются к использованию** на предприятиях ракетно-космической отрасли при разработке криогенных баков топлива (водород, сжиженный природный газ) и окислителя перспективных ракет-носителей, а также в конструкциях перспективных космических аппаратов и самолётов на криогенном топливе.

**Оценка достоверности результатов исследования** выявила, что использованы современные методики сбора исходной информации. Основные положения диссертации опираются на применение апробированных теоретических положений теории оболочек и механики композитов, прямой расчёт спроектированных конструкций методом конечных элементов и результаты экспериментальных исследований. Результаты эксперимента получены на сертифицированном оборудовании. Использовано сравнение аналитических расчетов с экспериментальными данными.

**Личный вклад автора состоит в** разработанной автором совокупности методов проектирования, расчетных моделей, технологических приёмов изготовления, позволяющей осуществлять оптимальное проектирование новой конструкции несущих металлокомпозитных баков с несущей сетчатой композитной интегральной структурой для ступеней перспективных ракет-носителей, их изготовление и испытания. Соискатель непосредственно принимал участие в получении новых научных результатов, лично участвовал в апробации результатов исследования и подготовке публикаций по выполненной работе.

**В ходе защиты критических замечаний высказано не было.**

**В диссертационной работе все заимствованные материалы представлены со ссылкой на автора или источник. Тем самым работа удовлетворяет п.14 Положения о присуждении ученых степеней.**

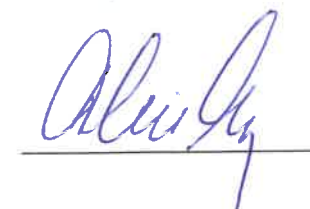
На заседании «19» октября 2023 г. диссертационный совет пришел к выводу о том, что диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу, которая соответствует критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней, утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени доктора наук, и принял решение за **решение комплексной научной проблемы** проектирования, расчёта, разработки технологии изготовления и экспериментальной отработки топливных баков принципиально новой конструкции из полимерных композитных материалов, вносящей значительный вклад в развитие космической техники, присудить Слезневу Андрею Анатольевичу ученую степень доктора технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 17 человек, из них 6 докторов наук по специальности 2.5.13. – «Проектирование, конструкция, производство, испытания и эксплуатация летательных аппаратов», участвовавших в заседании, из 22 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 17, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председательствующий  
на заседании диссертационного совета  
24.2.327.09, д.т.н., профессор  
Евдокименков Вениамин Николаевич



Ученый секретарь диссертационного совета  
24.2.327.09, к.т.н.  
Стрелец Дмитрий Юрьевич



«19» октября 2023 г.

НАЧАЛЬНИК ОТДЕЛА  
Т.А. АНИКИНА

