

СВЕДЕНИЯ О РЕЗУЛЬТАТАХ ПУБЛИЧНОЙ ЗАЩИТЫ

Диссертационный совет: 24.2.327.09

Соискатель: Ярославцева Мария Михайловна

Тема диссертации: Разработка методики анализа усталостной прочности агрегатов наземной космической инфраструктуры при многократных механических и газодинамических воздействиях

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

Решение диссертационного совета по результатам защиты диссертации:

На заседании 30 июня 2026 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 Ярославцевой Марии Михайловне ученую степень кандидата технических наук.

Присутствовали: д.т.н., проф. В.Н. Евдокименков, к.т.н., доц. Д.Ю. Стрелец, д.т.н., проф. О.М. Алифанов, д.т.н., доц. А.Е. Белявский, д.т.н. 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.т.н., доц. В.М. Краев, д.т.н., доц. А.Р. Лепешкин, д.т.н., доц. П.В. Макеев, д.т.н., доц. А.М. Молчанов, д.т.н., доц. О.В. Митрофанов, д.т.н., доц. С.Г. Парафесь, д.ф.-м.н., проф. Л.Н. Рабинский, д.т.н., проф. М.В. Силуянова, д.т.н., доц. А.А. Склезнев, д.ф.-м.н., проф. Г.В. Федотенков., д.т.н. В.И. Шевяков

Ученый секретарь диссертационного совета

24.2.327.09, к.т.н., доцент



Д.Ю. Стрелец

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.327.09,
созданного на базе федерального государственного автономного
образовательного учреждения высшего образования «Московский
авиационный институт (национальный исследовательский университет)»
Министерства науки и высшего образования Российской Федерации
(МАИ),

по диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 30.06.2026 г. №10-26

О присуждении **Ярославцевой Марии Михайловне**, гражданке Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Разработка методики анализа усталостной прочности агрегатов наземной космической инфраструктуры при многократных механических и газодинамических воздействиях» по специальности 2.5.13. – «Проектирование, конструкция, производство, испытания и эксплуатация летательных аппаратов» принята к защите 30 апреля 2026 г., протокол заседания № 6-26, диссертационным советом 24.2.327.09, созданным на базе федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» (МАИ, Московский авиационный институт), 125993, г. 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., приказ о внесении изменений №1986/нк от 18.10.2023 г., приказ о внесении изменений в состав совета №315нк от 20.04.2026 г.

Соискатель Ярославцева Мария Михайловна, 28 марта 1996 года рождения.

В 2018 г. Ярославцева М.М. окончила бакалавриат федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» по направлению подготовки 24.03.01 «Ракетные комплексы и космонавтика». Диплом № 107718 0346866, регистрационный номер 2018/12О-0022Д, дата выдачи 06.07.2018 г.

В 2020 г. Ярославцева М.М. окончила магистратуру федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» по направлению подготовки 24.04.01 «Ракетные комплексы и космонавтика». Диплом № 107718 1177848, регистрационный номер 2020/12М-0065О, дата выдачи 06.07.2020 г.

В 2024 г. Ярославцева М.М. окончила очную аспирантуру федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» с присвоением квалификации «Исследователь. Преподаватель-исследователь» по направлению подготовки 24.06.01 «Авиационная и ракетно-космическая техника». Диплом № 107733 0004413, регистрационный номер 2024/12А-0212Д, дата выдачи 08.07.2024 г.

В настоящее время Ярославцева М.М. работает в должности инженера 1 категории в расчетно-теоретическом отделе 043 филиала Акционерного общества «Центр эксплуатации объектов наземной космической инфраструктуры» – «Научно-исследовательский институт стартовых комплексов имени В.П. Бармина» (АО "ЦЭНКИ" – НИИСК им. В.П. Бармина).

Диссертация выполнена на кафедре 1206 «Стартовые комплексы» института № 12 федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» в период освоения программы подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре.

Научный руководитель – кандидат технических наук Шаповалов Руслан Васильевич. Основное место работы – Акционерное общество «Центральный научный исследовательский институт машиностроения» (АО «ЦНИИмаш»), главный научный сотрудник. Место работы по совместительству в период подготовки диссертации с 2020 г. по 2024 г. – федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», доцент кафедры 1206 «Стартовые комплексы».

Официальные оппоненты:

Коваль Сергей Всеволодович, доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник лаборатории цифровых методов управления жизненным циклом изделий машиностроения федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт машиноведения им. А.А. Благонравова» Российской академии наук (ИМАШ РАН).

Азаров Андрей Валерьевич, доктор технических наук, главный научный сотрудник Акционерного общества «Центральный научно-исследовательский институт специального машиностроения», (АО «ЦНИИКСМ»).

Все оппоненты дали положительные отзывы о диссертации.

Ведущая организация – федеральное государственное бюджетное

учреждение «Центральный научно-исследовательский институт Военно-воздушных сил Министерства обороны Российской Федерации» (ФГБУ ЦНИИ ВВС МО РФ), г. Москва, в своем положительном отзыве, рассмотренном и одобренном на заседании научно-технического совета федерального государственного бюджетного учреждения «Центральный научно-исследовательский институт Военно-воздушных сил Министерства обороны Российской Федерации» (протокол № 11 от 2 июня 2026 года), подписанном ведущим научным сотрудником управления Центрального научно-исследовательского института Военно-воздушных сил (Министерства обороны Российской Федерации), доктором военных наук, профессором И.Н. Найденовым, старшим научным сотрудником управления Центрального научно-исследовательского института Военно-воздушных сил (Министерства обороны Российской Федерации), кандидатом технических наук М.В. Лукиным и утвержденном временно исполняющим обязанности заместителя начальника федерального государственного бюджетного учреждения «Центральный научно-исследовательский институт Военно-воздушных сил Министерства обороны Российской Федерации» по научной работе, доктором технических наук А.В. Коровиным, указала, что представленная диссертация отвечает требованиям Положения о присуждении учёных степеней от 24 сентября 2013 года № 842, предъявляемым к работам, поданным на соискание учёной степени кандидата технических наук, а её автор – Ярославцева Мария Михайловна – заслуживает присуждения ей учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.5.13. – «Проектирование, конструкция, производство, испытания и эксплуатация летательных аппаратов».

Соискатель имеет 12 опубликованных работ по теме диссертации, включающих 2 статьи в изданиях категории К1, которые включены в Перечень Высшей аттестационной комиссии (ВАК) по специальности 2.5.13., 2 статьи в изданиях категорий К1 и К2, которые включены в Перечень ВАК по смежным специальностям, 8 публикаций в сборниках тезисов докладов конференций. Наиболее значимыми научными работами по теме диссертации являются:

Публикации в журналах, входящих в Перечень ВАК РФ по специальности 2.5.13. уровня К1.

1. Ярославцева М.М. Оценка срока службы газоотражателей в условиях циклического газодинамического нагружения // Космонавтика и ракетостроение. – 2023. – № 2 (131). – С. 140-149.

Работа посвящена исследованию усталостного разрушения элементов стартового комплекса при циклическом воздействии высокотемпературной

газовой струи. Предложена методика оценки прочности конструкций, подверженных циклическому газодинамическому воздействию.

2. Шаповалов Р.В., Ярославцева М.М. Анализ тенденций развития технологий монтажа теплозащитных покрытий газоотражателей пусковых устройств // Космонавтика и ракетостроение. – 2021. – № 6 (123). – С. 134-144.

В статье обоснована актуальность проблемы разработки пассивной защиты газоотражателей. Приведен обзорный анализ теплозащиты газоотражателей. Определены перспективные направления развития пассивной защиты для стартовых сооружений различного базирования. Лично соискателем проведено обзорное исследование опыта проектирования и эксплуатации различных теплозащитных покрытий с целью определения причин разрушения и перспектив анализа конструкций на этапе проектирования.

Публикации в журналах, входящих в Перечень ВАК РФ по смежным специальностям.

1. Ярославцева М.М., Торпачев А.В. Моделирование и модернизация устройства подвода коммуникаций к изделию аэрокосмической техники // Технология машиностроения. – 2020. – № 7. – С. 51-54.

В статье приведены результаты прочностного анализа модернизированного устройства подвода коммуникаций к изделию. Лично соискателем предложен метод формирования математических моделей для анализа прочности наземного оборудования ракет носителей при действии эксплуатационных нагрузок на стадии проектной проработки конструкций.

2. Чупина Е.С., Ярославцева М.М., Абдурашидов Т.О. Проектирование решетчатых конструкций для защиты устройств отвода быстроразъемных соединений от газодинамических нагрузок при старте ракеты космического назначения // Электронный журнал Труды МАИ. – 2024. – № 138. – ЭЛ № ФС 77 - 69492 от 14.04.2017 Федеральная служба по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций. ISSN 1727-6942 URL: <https://trudymai.ru/published.php?ID=182934>.

В работе представлен мультидисциплинарный подход к определению облика конструкции защитной решётки. В статье лично соискателем проведено численное моделирование циклического деформирования защитных решеток для стартового оборудования с использованием разработанной методики анализа усталостной прочности агрегатов наземной космической инфраструктуры при действии газодинамической нагрузки.

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 учреждение «Центральный научно-исследовательский институт Военно-воздушных сил Министерства обороны Российской Федерации» (ФГБУ ЦНИИ ВВС МО РФ), ведущая организация. Отзыв положительный. Подписан ведущим научным сотрудником управления Центрального научно-исследовательского института военно-воздушных сил (Министерства обороны Российской Федерации), доктором военных наук, профессором И.Н. Найденовым, старшим научным сотрудником управления Центрального научно-исследовательского института военно-воздушных сил (Министерства обороны Российской Федерации), кандидатом технических наук М.В. Лукиным и утвержден временно исполняющим обязанности заместителя начальника федерального государственного бюджетного учреждения «Центральный научно-исследовательский институт Военно-воздушных сил Министерства обороны Российской Федерации» по научной работе, доктором технических наук А.В. Коровиным.

К работе имеются следующие замечания:

- В работе указано, что за основу взята и адаптирована теория малоцикловой усталости Коффина-Мэнсона для более точной оценки ресурса конструкций наземного оборудования ракет-носителей, подверженных газодинамическому воздействию, на этапе проектирования. При этом не указано, как была проведена адаптация и в чем она выражается.

- В автореферате, в отличие от диссертации не нашли отражение постановка научной задачи исследований и структурно-логическая схема проведения диссертационных исследований.

- Вторая глава диссертации посвящена разработке методики оценки прочности конструкций, подверженных циклическому газодинамическому воздействию. При этом методика представлена в неявном виде, а возможность ее корректного применения раскрывается только благодаря разработанному алгоритму оценки циклической прочности конструкций, подверженных циклическому газодинамическому воздействию.

- В автореферате диссертации в заключении представлены новые научные результаты диссертационных исследований, которые не в полной мере соответствуют положениям, выносимым на защиту.

- В работе имеются отдельные орфографические и пунктуационные недостатки.

2. Азаров Андрей Валерьевич, доктор технических наук, главный научный сотрудник Акционерного общества «Центральный научно-исследовательский институт специального машиностроения»,

(АО «ЦНИИСМ») **Отзыв положительный.** Заверен начальником ГУД АО «ЦНИИСМ», Г.В. Красновой.

К работе имеются следующие замечания:

- В разделе 2.5.2 указано, что «Максимальные напряжения деформации наблюдаются в момент достижения максимальных нагрузок $t_l = t(T_{\max}, P_{\max})$ ». И далее в этот момент времени определяется узел КЭМ, в котором фиксируются экстремальные значения напряжений и деформаций.

Однако, в разделе 2.2 указано, что максимальные значения цикла давления и цикла температуры смещены относительно друг друга на временном отрезке в пределах цикла, т.е. моменты достижения $T_{\max}$ и $P_{\max}$ – это разные моменты времени. При этом в работе не указано, насколько по времени могут быть смещены экстремальные значения напряжений и деформаций в цикле и как в итоге задавались циклы нагружения по давлению и деформациям – со смещением или без.

- В разделе 3 описано моделирование малоциклового усталости облицовки при действии циклического газодинамического нагружения. Данная конструкция состоит из панелей и моделируется твердотельными элементами. При этом конечно-элементная модель конструкции описана недостаточно подробно - в частности, не указано, какая аппроксимирующая функция используется для конечных элементов, каково количество элементов по толщине панели и варьировался ли при оценке сеточной сходимости размер элемента по толщине панелей или только размер элемента в плоскости панелей.

- На рис. 3.20. диаграмма изменения напряжений во времени имеет странные провалы при гладкой в этих же точках диаграмме деформаций (рис. 3.19). Неясно, с чем связано такое падение напряжений в отдельные моменты времени. В работе этот эффект никак не комментируется.

- В работе имеются некоторые ошибки и опечатки - в частности:

- а) В формуле (2.13) символом α обозначен коэффициент теплового расширения, однако после формулы указано, что это – коэффициент теплопроводности.

- б) На рис. 4.26 приведена только одна диаграмма напряжений для шарнирного варианта, тогда как было рассмотрено 2 варианта - №1 и №2. Кроме того, максимальный уровень напряжений на диаграмме для шарнирной схемы (около 550 МПа) значительно превышает максимальный уровень напряжений, указанный в таблице 4.1 ниже - 192 МПа.

3. Коваль Сергей Всеволодович, доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник лаборатории цифровых методов управления жизненным циклом изделий машиностроения Федерального

государственного бюджетного учреждения науки «Институт машиноведения им. А.А. Благонравова» Российской академии наук (ИМАШ РАН). Заверен исполняющим обязанности директора ИМАШ доктором технических наук А.В. Рагуткиным.

К работе имеются следующие замечания:

- Из автореферата не ясно какая теория пластичности реализована в моделях, применяемых при расчете упруго-пластической задачи? ТМУ ПД или теория пластических течений, а если деформации большие, то, как учтены в теории пластического течения производные Яуманна?

- Качественные закономерности термомеханического поведения облицовок газоотражателей фундаментально исследовались ранее (СССР МО, 1970-1990 гг.). В их числе исследования, проводимые в 26 ЦНИИ, ВКА им. Можайского, п/я А 7731, в/ч 08340 и пр. В автореферате диссертации не полно проведен обзор основных проблем традиционных инженерных методов расчета ресурса ТЗП стартовых сооружений, и их учета в современной практике проектирования высоконагруженных элементов ТЗП.

- Имеются неточности в терминологических формулировках по тексту всей диссертации, которые не ухудшают суть результатов исследования.

4. Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)», отзыв на автореферат. Отзыв положительный. Подписан профессором кафедры «Аэрокосмические системы» Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)», д.т.н., профессором Г.А. Щегловым. Заверен ведущим специалистом по персоналу ФГАОУ ВО «МГТУ им. Н.Э. Баумана» И.В. Шагабутдиновой.

К работе имеются следующие замечания:

- Название диссертации в большей степени соответствует научной специальности 2.5.14 «Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов» хотя по содержанию автореферата соответствие специальности 2.5.13 обосновано.

- Насколько позволяет судить автореферат автором использована ограниченная экспериментальная база. Валидация выполнена по единственному изделию (боковая панель газоотражателя), что недостаточно для окончательного вывода об универсальности методики. Однако, автор

признаёт необходимость расширения экспериментальной отработки, что может послужить заделом для перспективных исследований.

- В работе имеются опечатки и неточности, в частности при обозначении толщины листа на странице 19, указана неверно размерность (мм вместо см).

5. Государственная корпорация «Ростех», отзыв на автореферат. Отзыв положительный. Подписан руководителем проектов первой категории научно-технического совета (Департамента) государственной корпорации «Ростех» к.т.н., доцентом А.Г. Волковым. Подпись удостоверена экспертом-аналитиком департамента управления персоналом О.Ф. Лазовской.

К работе имеются следующие замечания:

- В автореферате не обозначен тип используемого для численного моделирования методом конечных элементов программного обеспечения (ПО) (ANSYS, COMSOL, Abaqus, FreeCAD, CalculiX), а также способ интеграции в такое ПО разработанных автором алгоритмов, что не позволяет оценить возможность их практической реализации на практике. В связи с этим представляется затруднительным провести выбор необходимого аппаратного обеспечения для подобных вычислительно емких методов расчета и программных приложений в составе испытательного оборудования.

- В автореферате автором не приведена математическая постановка задачи исследования в целом, а также математические постановки частных задач по главам и математические описания предложенных моделей и алгоритмов, что затрудняет определение степени достижения цели диссертационного исследования и обоснованности применяемых методов.

- Приведенные в автореферате блок-схемы алгоритмов (рис. 4, рис. 8) выполнены не в соответствии с действующим основным стандартом, регламентирующим оформление алгоритмов (блок-схем), - ГОСТ 19. 701-90 (ИСО 5807-85) «Единая система программной документации (ЕСПД). Схемы алгоритмов, программ, данных и систем. Условные обозначения и правила выполнения».

6. Федеральное государственное унитарное предприятие «Всероссийский научно-исследовательский институт автоматики им. Н. Л. Духова», отзыв на автореферат. Отзыв положительный. Подписан помощником заместителя директора по информационным технологиям и системам управления ФГУП «ВНИИА», к.т.н. О.В. Ульяниным. Подпись заверена ученым секретарем НТС ФГУП «ВНИИА», к.т.н., Л.В. Феоктистовой.

К работе имеются следующие замечания:

- Используемое уравнение Коффина–Мэнсона–Баскина содержит

четыре параметра, существенно зависящих от температуры. Для стали 10ХСНД в диапазоне температур гребня развиваются ползучесть и отпускная хрупкость, однако в автореферате не указано, при каких температурах определялись константы.

- Присутствуют редакционные ошибки не снижающие ценности.

7. АО «Центр эксплуатации объектов наземной космической инфраструктуры» (АО «ЦЭНКИ»), отзыв на автореферат. Отзыв положительный. Подписан генеральным конструктором-заместителем генерального директора, к.т.н. А.А. Богомоловым. Заверен печатью организации.

К работе имеются следующие замечания:

- В автореферате не указано, каким программным обеспечением либо программой реализована методика, что немного снижает воспроизводимость результатов.
- В тексте имеются погрешности редакционного характера, которые не влияют на результаты исследования и качество работы в целом.

8. Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет)» (МФТИ, Физтех), отзыв на автореферат. Отзыв положительный. Подписан заместителем директора по научной работе Физтех-школы авиационных и цифровых технологий, к.т.н Д.В. Курулюком. Заверен администратором канцелярии О.А. Кораблевой.

К работе имеются следующие замечания:

- Автор указывает на циклический асимметричный характер деформирования конструкций агрегатов, однако в методической части автореферата не конкретизировано, учитывается ли при упругопластическом циклическом термодинамическом нагружении такое важное явление, как эффект Баушингера.
- Из автореферата не до конца ясно, почему при меньшем расчётном числе циклов до разрушения шарнирная схема монтажа листов облицовки №1 называется автором «наиболее перспективной» по сравнению с болтовой.

9. АО «Научно-производственное объединение «Северо-западный региональный центр концерна ВКО «Алмаз-Антей» - Обуховский завод», отзыв на автореферат. Отзыв положительный. Подписан ученым секретарём секции НТС № 1, научным руководителем, к.т.н., доцентом Д.К. Щегловым, начальником лаборатории расчетно-исследовательского отдела, к.т.н. Д.А. Фёдоровым, главным специалистом расчетно-исследовательского отдела, к.т.н. А.Т. Макавеевым, секретарем секции № 1 НТС А.А. Соколовым. Отзыв

утвержден заместителем генерального директора – генеральным конструктором А.В. Васильевым.

К работе имеются следующие замечания:

- Нет сведений об используемом программном обеспечении, в котором реализована методика. Из текста следует, что используется пакет МКЭ, поддерживающий твердотельные элементы с возможностью субмоделирования, однако конкретная платформа не названа. Это затрудняет воспроизведение и тиражирование методики.
- Ряд исходных данных, важных для воспроизведения расчётов, в автореферате не приводится. Конкретные значения коэффициентов усталостной прочности (σ'_f , ϵ'_f) и показателей кривой усталости (b, c) для стали 10ХСНД при рабочих температурах отсутствуют; не указаны ссылки на источники, из которых они могут быть взяты.
- Для реальной эксплуатации газоотражатели могут иметь остаточные напряжения от монтажа, технологические дефекты, следы предыдущей эксплуатации. Влияние начального НДС на ресурс в методике не рассматривается.

10. ПАО «РКК «Энергия» им. С.П. Королёва», отзыв на автореферат. Отзыв положительный. Подписан ведущим научным сотрудником отдела прочности конструкций ПАО «РКК «Энергия», к.т.н., С.Г. Муляром. Заверен ученым секретарем ПАО «РКК «Энергия» им. С.П. Королёва», д.ф-м.н. О.Н. Хатунцевой.

К работе имеются следующие замечания:

- Для анализа усталостного поведения с применением метода конечных элементов использованы элементы типа SOLID, однако во многих задачах, в том числе большой размерности часто применяются двумерные элементы типа SHELL. Из автореферата не ясно, применима ли данная методика для такого типа конечных элементов.
- В формуле 5 использован параметр $\tau_{общ}$, расшифровка и комментарий к которому не представлены.

11. Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева», отзыв на автореферат. Отзыв положительный. Подписан заведующим межвузовской кафедрой космических исследований, д.т.н., профессором И.В. Белоконовым. Заверен ученым секретарем Самарского университета И.П. Васильевой.

К работе имеются следующие замечания:

- Источник эксплуатационных данных для валидации результатов

(62 цикла до разрушения) в автореферате явно не указан, что не позволяет в полной мере оценить надёжность подтверждения методики.

- Рамки применимости методики ограничены статьёй 10ХСНД: обоснование переносимости подхода на жаростойкие сплавы и нержавеющие стали в работе отсутствует.

- Допущение о совпадении формы и длительности температурного и механического циклов нагружения требует дополнительного обоснования для режимов с нестационарной работой двигательной установки.

12. АО «КБхиммаш им. А.М. Исаева», отзыв на автореферат. Отзыв положительный. Подписан ведущим инженером конструктором А.П. Будниковым. Заверен ученым секретарем НТС АО «КБхиммаш им. А.М. Исаева» А.В. Юрковым.

К работе замечания отсутствуют.

13. АО «ГКНПЦ им. М.В. Хруничева», отзыв на автореферат. Отзыв положительный. Подписан ведущим конструктором, к.т.н. С.В. Кудиновым и ведущим инженером, к.т.н. А.Г. Бахтиным. Отзыв утвержден Генеральным директором АО «ГКНПЦ им. М.В. Хруничева» Д.Г. Денискиным.

К работе имеются следующие замечания:

- Отсутствует информация по первоисточникам для теплового анализа.
- Не объяснено, как проводится проверка условий по отсутствию уноса материала (рис 4.).
- При описании модели защитной решетки не указан тип конечного элемента аналогично модели газоотражателя.

14. АО «НПО «Техномаш им. С.А. Афанасьева», отзыв на автореферат. Отзыв положительный. Подписан экспертом управления по анализу и оптимизации производственных систем АО «НПО «Техномаш им. С.А. Афанасьева», д.т.н., профессором, заслуженным деятелем науки РФ А.И. Кузиным. Подпись заверена начальником управления по работе с персоналом АО «НПО «Техномаш им. С.А. Афанасьева», к.ф.н. А.С. Левченко.

К работе имеются следующие замечания:

- Из текста автореферата не вполне ясно, каким образом обоснованы граничные условия «кусочно-заданной» функции, описывающей упрощенный цикл нагружения агрегатов стартового оборудования (стр.8).
- В разделе, посвященном экспериментальной верификации (глава 3), автору следовало бы подробнее указать на причины возникающих погрешностей при сравнении модельных и экспериментальных результатов

(стр. 15).

- В автореферате имеют место незначительные редакционные и терминологические неточности.

15. АО «ГРЦ Макеева», отзыв на автореферат. Отзыв положительный. Подписан и.о. первого заместителя генерального конструктора по проектированию изделий и комплексов к.т.н. А.И. Шевцовым, начальником отдела нагрузок и прочности В.И. Лямкиным, ведущим научным сотрудником отдела нагрузок и прочности, к.ф.-м.н. А.Г. Мухачевым, ведущим инженером – руководителем группы вибрационной прочности Б.А. Лебедевым. Подписи заверены главным ученым секретарем АО «ГРЦ Макеева», к.т.н. С.Т. Калашниковым.

К работе имеются следующие замечания:

- В автореферате не уделено достаточно внимания апробированию методики расчета ресурса на реальных конструкциях (один объект).
- Не рассмотрен вопрос, связанный с зависимостью механических характеристик материалов от температуры.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается наличием публикаций в соответствующей сфере исследования, компетентностью, имеющимся большим опытом работы в области, соответствующей паспорту специальности 2.5.13. «Проектирование, конструкция, производство, испытания и эксплуатация летательных аппаратов», способностью определить научную и практическую ценность диссертации.

ФГБУ «Центральный научно-исследовательский институт военно-воздушных сил» Министерства обороны Российской Федерации – ведущая исследовательская организация в стране, вносящая значительный вклад в научно-техническое развитие космической отрасли. Отзыв на диссертационную работу подписан учеными, которые непосредственно занимаются вопросами исследования и разработки космических аппаратов.

Азаров Андрей Валерьевич – доктор технических наук, автор большого количества научных работ в области оптимального проектирования и методов расчета силовых элементов ракетно-космической техники.

Коваль Сергей Всеволодович – доктор технических наук, является ведущим специалистом в области проектирования и расчета прочности объектов наземной космической инфраструктуры и стартовых комплексов, подверженных комбинированным статическим, динамическим и температурным воздействиям.

Диссертационный совет отмечает, что диссертационная работа выполнена автором самостоятельно, обладает внутренним единством, на

основании проведенных соискателем исследований разработана методика анализа усталостной прочности агрегатов наземной космической инфраструктуры при многократных механических и газодинамических воздействиях, как инструмент для обоснования облика стартового оборудования на этапе проектирования.

Новизна полученных результатов заключается в том, что:

проведён сравнительный анализ опыта проектирования и эксплуатации различных теплозащитных покрытий. Конструкционные стали демонстрируют наибольшую стойкость и предпочтительны при длительной эксплуатации в качестве теплозащитного покрытия, в отличие от огнеупорных бетонов. Рекомендуемая рабочая температура для огнеупорного бетона выше в 2,4 раза, чем для конструкционной стали. Сталь демонстрирует прочность на изгиб при максимальной эксплуатационной температуре газового потока в 5 раз выше, чем бетон.

разработана методика моделирования для оценки циклической прочности конструкций, которая позволяет уточнено обосновывать закладываемую сопротивляемость стартового оборудования ракет космического назначения к разрушающему периодическому воздействию газодинамической струи продуктов сгорания ракетного топлива на этапе проектирования. Предложена схема упрощения газодинамического цикла нагружения для расчета допустимого числа циклов до наступления предельного состояния материала конструкции.

проведена валидация методики обоснования закладываемой сопротивляемости стартового оборудования циклическому газодинамическому воздействию, на примере боковой панели эксплуатируемого газоотражателя. Погрешность числа циклов до наступления предельного состояния, полученного с использованием разработанной методики, составляет 9,68 %. Величина погрешности допустима для инженерных расчетов и закладывается в коэффициент запаса. Модель демонстрирует хорошую сходимость результатов при размере конечного элемента 20-40 мм.

проведено численное моделирование проектируемых сборочных единиц стартового комплекса с использованием разработанной методики анализа усталостной прочности, как инструмента для обоснования ресурса изделий. Число циклов газодинамического нагружения при моделировании гребня отражателя превышает номинально назначаемое допускаемое число пусков в 4,43 раза. Вычисленный результат позволяет предоставить более точную прогностическую оценку при назначении срока службы изделия.

разработан алгоритм обоснования закладываемой сопротивляемости циклическому газодинамическому нагружению для малых конструктивных элементов габаритных конструкций стартового оборудования.

представлены результаты анализа работы различных схем монтажа листов облицовки при циклическом газодинамическом воздействии. Зафиксированы значения амплитуды деформаций, напряжений и числа циклов до предельного состояния. Работу при наибольшем числе нагружений обеспечивает болтовая схема – 77579 запусков двигательной установки, и шарнирная схема № 1 с накладным элементом – 28987 запусков. Шарнирная схема № 1 испытывает меньшие напряжения за всю историю нагружения в 1,5 раза и является наиболее перспективной для последующего применения в перспективных проектах наземного оборудования.

Практическая значимость диссертации:

1. Разработанная методика оценки малоциклового усталостной прочности применена в филиале АО «ЦЭНКИ» - НИИ СК им. В.П. Бармина при создании теоретической базы для обоснования прочности разрабатываемых агрегатов пусковых установок при действии газодинамической нагрузки.

2. Сформулированы практические рекомендации по конструированию при формировании теоретического профиля и конструктивного исполнения гребня двухскатного газоотражателя.

3. Результаты моделирования конструкций, подверженных термосиловому воздействию, учтены при проектировании масштабных испытательных стендов.

Результаты исследования имеют существенную практическую значимость для ракетно-космической отрасли. Результаты работы использованы в филиале АО "ЦЭНКИ" - НИИСК им. В.П. Бармина и в Акционерном обществе «Научно-производственное объединение «Северо-Западный региональный центр Концерн ВКО «Алмаз-Антей» - Обуховский завод», что подтверждается актами внедрения результатов. Полученные результаты используются для обоснования ресурса проектируемых конструкций, подверженных циклическому высокотемпературному газодинамическому воздействию.

Достоверность результатов обеспечена корректной постановкой задачи, обоснованностью применения гипотез и адекватностью расчетных моделей. Достоверность подтверждается сравнением результатов численного моделирования с эксплуатационными данными, опубликованными в открытых источниках. Точность компьютерного моделирования подтверждена исследованием сходимости результатов анализа.

