
«28» 12 2025

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации
на соискание учёной степени кандидата наук

Левченкова Михаила Дмитриевича

на тему «Методика оценки статической прочности сетчатых конструкций планера со структурной нерегулярностью на основе многоуровневых автоматизированных конечно-элементных моделей» по научной специальности
2.5.14. Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов

Актуальность диссертационной работы Левченкова М.Д. заключается в создании новой методики расчета запасов по статической прочности и устойчивости сетчатых конструкций планера как с регулярной, так и с нерегулярной структурой, позволяющей использовать её для поиска новых более эффективных в весовом отношении рамных авиационных конструкций крыла и фюзеляжа.

Диссертация Левченкова М.Д. состоит из введения, четырёх глав, заключения, списка литературы и приложений, и изложена на 108 страницах. В первой главе проведен анализ существующих исследований и сформулирована научная задача. Во второй главе описана разработанная методика анализа прочности нерегулярных сетчатых структур и метод улучшения прочностных характеристик сетчатых КСС в конструкции фюзеляжа и крыла. В третьей главе проведена валидация разработанной методики анализа прочности сетчатых отсеков, содержащих нерегулярность структуры и проведены параметрические исследования по оценке влияния предлагаемых в диссертации нерегулярностей на прочность, жесткость и вес. В четвертой главе приведены примеры использования нерегулярных сетчатых структур в конструкциях самолетов различных типов, в т.ч. в фюзеляже перспективного сверхзвукового пассажирского самолета.

К основным научным результатам, полученным автором, следует отнести:

- 1 новый метод гармонизации запасов прочности и устойчивости сетчатых композитных отсеков планера за счет изменения угла спиральных ребер по длине и в поперечном направлении отсека;
- 2 новая методика и программный алгоритм на его основе для оценки статической прочности сетчатых композитных отсеков фюзеляжа и панелей крыла с регулярной и нерегулярной композитной сетчатой структурой на основе многоуровневых автоматизированных параметрических МКЭ моделей;
- 3 параметрические зависимости прочностных, жесткостных и массовых характеристик сетчатых отсеков от изменения угла спиральных ребер по длине и в поперечном направлении отсека.

Практическая значимость заключается в создании программного обеспечения для анализа прочности нерегулярных сетчатых структур и поиска рациональных значений конструктивных параметров и полученных количественных оценках влияния нерегулярностей сетчатой структуры на вес и жесткость отсеков планера самолета.

Достоверность научных результатов обеспечена использованием апробированных аналитических и численных методов расчета и подтверждена соответствием результатов расчетов и экспериментальных данных в рамках валидационных исследований.

Результаты диссертационного исследования изложены в 3-х публикациях в журналах, входящих в перечень ВАК и доложены как на всероссийских, так и на международных конференциях.

В качестве недостатков следует отметить:

В автореферате не показан учет нагрузки в виде избыточного давления, что может оказать влияние на массу конструкции в сторону увеличения.

Из автореферата не ясно, оценивался ли экономический эффект и влияние на технологию производства при переходе на нерегулярные сетчатые структуры.

Тем не менее, эти недостатки могут быть обусловлены ограниченным объемом автореферата и не влияют на общую положительную оценку работы.

Диссертация Левченкова М.Д. «Методика оценки статической прочности сетчатых конструкций планера со структурной нерегулярностью на основе многоуровневых автоматизированных конечно-элементных моделей» выполнена на высоком научном уровне и удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата технических наук. Диссертационная работа соответствует паспорту заявленной научной специальности. Автор диссертации Левченков Михаил Дмитриевич заслуживает присуждения ему учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.5.14. Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов.

Отзыв подготовил:

Кандидат технических наук

Начальник бригады

E-mail: maratabdullin@mail.ru

Телефон: +79262815815

Абдуллин Марат Равильевич



(подпись)

« 08 » 12 2025 г.

Подпись Абдуллина М.Р. заверяю.

Начальник отдела кадрового учета

Дубова А.Б.



(подпись)

« 08 » 12 2025 г.

Сведения об организации:

Акционерное общество «Туполев»

Адрес: 105005, г. Москва, набережная Академика Туполева, д.17

УТВЕРЖДАЮ
Первый заместитель директора филиала -
управляющий директор ОКБ ОТА -



28 // 2025

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Левченкова Михаила Дмитриевича
Дмитриевича «Методика оценки статической прочности сетчатых конструкций
планера со структурной нерегулярностью на основе многоуровневых
автоматизированных конечно-элементных моделей», представленной на
соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности
2.5.14. Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов

Опыт внедрения композитных материалов в силовые конструкции пассажирских самолетов показал, что конструктивно-силовые схемы (КСС) на основе слоистых обшивок имеют ряд недостатков в обеспечении прочности, не позволяющих реализовать на их основе конструкции с высокими весовыми характеристиками. По этой причине актуальны исследования по поиску новых альтернативных КСС, позволяющих в большей мере реализовать высокие прочностные характеристики углеродных волокон. Диссертационная работа М.Д. Левченкова посвящена данной задаче и связана с развитием сетчатых (анизогридных) композитных конструкций отсеков фюзеляжа и панелей крыла для высоконагруженных ответственных участков конструкций планера пассажирских самолетов. Особое внимание в работе уделено исследованию по созданию структурных нерегулярностей сетчатого каркаса, которые позволяют добиться более равномерного напряженно-деформированного состояния конструкции в сетчатых отсеках и панелях, что приводит к улучшению весовой эффективности. улучшения весовой эффективности, или улучшения жесткостных характеристик при сохранении веса.

В работе предложена оперативная методика оценки прочности на основе многоуровневого подхода, в рамках которого конструкция одновременно рассматривается на нескольких уровнях детализации, что повышает оперативность и снижает погрешность при анализе сложных конструкций. Одним из элементов новизны данной работы является разработка и валидация метода гармонизации запасов прочности и устойчивости за счет создания

соответствующей нерегулярности сетчатой реберной структуры в зависимости от уровня внешнего нагружения.

Использование разработанного алгоритма и методики обеспечивает существенное снижение временных затрат и трудоемкости выбора рациональных параметров нерегулярных сетчатых КСС на начальном этапе проектирования. Практическая значимость работы подтверждена результатами, использованными в ряде проектов, включая НЦМУ «Сверхзвук», и разработанным программным комплексом, внедренным в АО «ЦНИИСМ» и КНИТУ-КАИ.

Достоверность результатов диссертационной работы подтверждается валидацией разработанной методики путем сравнения с экспериментальными данными.

Замечания.

Рассмотрено применение нерегулярной реберной сетки на цилиндрическом отсеке и плоской панели. Для большей практической применимости следовало бы расширить область моделирования другими геометрическими формами.

Несмотря на это, результаты являются практически значимыми, а указанное замечание может быть рассмотрено как направление для дальнейших исследований.

Работа удовлетворяет требованиям ВАК РФ, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор Левченков Михаил Дмитриевич заслуживает присвоения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.14. Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов.

Сведения об авторе отзыва:

Главный конструктор по прочности

ОКБ Сухого

E-mail: shkoda@su.uacrussia.ru

Телефон: +7(916) 141-56-18

Шкода Александр Васильевич


« 28 » 11 2025г.

Сведения об организации:

Филиал ПАО «ОАК» - ОКБ ОТА

ОКБ Сухого

Адрес: 125284, г. Москва, ул. Поликарпова, 23 Б

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации **Левченкова Михаила Дмитриевича** на тему
**«Методика оценки статической прочности сетчатых конструкций планера со
структурной нерегулярностью на основе многоуровневых
автоматизированных конечно-элементных моделей»**,

представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности 2.5.14. Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов

Актуальность диссертационной работы обусловлена необходимостью разработки нового поколения дозвуковых и сверхзвуковых отечественных пассажирских самолетов с высокими техническими и экономическими характеристиками.

Автором предложена и детально разработана новая методика комплексного анализа статической прочности сетчатых композитных отсеков, имеющих структурную нерегулярность реберного каркаса, на основе многоуровневых автоматизированных конечно-элементных моделей. Методика включает метод, позволяющий проводить гармонизацию запасов прочности и устойчивости таких конструкций в соответствии с уровнем их нагружения за счет создания структурной нерегулярности в однонаправленных сетчатых каркасах, формирующих цилиндрические оболочки и плоские панели. В основе метода лежит оптимизационный алгоритм, формирующий сетчатую структуру для цилиндрической оболочки и плоской панели в пространстве допустимых значений базовых проектных параметров. Новизна метода заключается в использовании в качестве базовых параметров значений углов наклона ребер по длине и поперечному направлению отсека (панели). Практическая значимость данной инновации заключается в возможности управления жесткостными и прочностными характеристиками структуры реберной сетки без изменения сечения ребер по длине.

Практическая значимость работы подтверждена новыми результатами, полученными автором при решении критических задач обеспечения прочности удлиненных носовых отсеков фюзеляжа для нового поколения сверхзвуковых пассажирских самолетов.

К замечаниям по содержанию автореферата можно отнести следующее:

- 1) Нет стилистического единства терминологии. Для обозначения одного понятия используются разные термины («весовые характеристики», «массовые характеристики», «массовые параметры»).
- 2) В автореферате встречаются логически неточные формулировки, сложные для восприятия, например: «Для реализации этого метода была создана методика, позволяющая на его основе проводить оценку...», «В диссертации также исследованы задачи по значительному снижению трудозатратности и времени выполнения комплексного прочностного анализа, которые значительно возросли из-за ...».

Указанные замечания не влияют на общую оценку актуальности, новизны и значимости работы.

Представленные материалы показывают наличие оригинального вклада в теорию и практику анализа прочности и веса перспективных сетчатых авиационных конструкций, а предлагаемые методы и инструменты представляют значительный интерес для авиационной промышленности. Диссертация соответствует паспорту специальности и полностью удовлетворяет требованиям и критериям ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, Левченков Михаил Дмитриевич, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.14. Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов.

Я, Келлер Илья Эрнстович, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с защитой Левченкова Михаила Дмитриевича, и их дальнейшую обработку.

Доктор физико-математических наук
(научная специальность 01.02.04 — механика деформируемого твердого тела),
доцент, заведующий лабораторией нелинейной механики деформируемого
твердого тела

Келлер Илья Эрнстович

«26» ноября 2025 г.

Контактные данные:

тел.: + 7 (342) 237-83-07, e-mail: kie@icmm.ru

Место работы:

Институт механики сплошных сред Уральского отделения Российской академии наук («ИМСС УрО РАН») — филиал ФГБУН Пермский федеральный исследовательский центр УрО РАН,
614018, г. Пермь, ул. Академика Королева, 1
тел.: + 7 (342) 237-83-07, e-mail: kie@icmm.ru

Юридический адрес:

Пермский федеральный исследовательский центр УрО РАН
614000, г. Пермь, ул. Ленина, 13А
тел.: +7 (342) 212-60-08, e-mail: psc@permsc.ru

Подпись Келлера Ильи Эрнстовича подтверждаю.

Учёный секретарь ИМСС УрО РАН, кандидат физико-математических наук



Юрлова Наталия Алексеевна

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Левченкова Михаила Дмитриевича
Дмитриевича «Методика оценки статической прочности сетчатых конструкций
планера со структурной нерегулярностью на основе многоуровневых
автоматизированных конечно-элементных моделей», представленной на
соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности
2.5.14. Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов

Актуальность и практическая значимость данной работы обусловлены
потребностью улучшения прочностных и жесткостных характеристик
композитных однонаправленных сетчатых структур для использования их в
высоконагруженных частях авиационных конструкций в качестве
конструктивно-силовых схем. Такие КСС в лучшей степени (по сравнению с
КСС на основе подкрепленной обшивки) позволяют реализовать высокие
удельные прочностные и жесткостные характеристики углепластиков и
обеспечить лучшие весовые характеристики.

В работе предложен оригинальный метод по устранению избыточных
запасов прочности в сетчатых композитных отсеках фюзеляжа и сетчатых
панелях крыла за счет изменения углов наклона спиральных/диагональных
ребер как по длине отсека, так и в поперечном направлении. Использование
данного метода позволяет создавать неравномерные сетчатые структуры,
рациональные с точки зрения восприятия конкретных силовых факторов и
снижать избыточные запасы прочности и устойчивости.

Достоинством разработанного метода является автоматизированное
построение композитной сетчатой структуры с различной плотностью в
зависимости от уровня внешнего нагружения, при этом топология сетки не
меняется.

В работе предложен ряд новых решений по снижению избыточного запаса
статической прочности для частей носовой части фюзеляжа сверхзвукового
пассажирского самолета. Показано возможность управления жесткостными
характеристиками фюзеляжа без изменения его массы.

Достоверность результатов диссертационной работы подтверждается
результатами сравнительного анализа результатов расчета с данными
эксперимента для каждого уровня детализации расчетной модели.

Замечания.

В работе рассмотрены 2 типа структурной нерегулярности сетки отдельно
друг от друга. Вероятно, лучших результатов можно добиться, если
рассмотреть комбинацию из этих двух случаев.

Содержание автореферата свидетельствует, что представленная работа посвящена решению **актуальной** проблемы, выполнена на высоком научном уровне, содержит ряд **новых**, полезных для **практического** использования результатов. Работа удовлетворяет требованиям ВАК РФ, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор Левченков Михаил Дмитриевич заслуживает присвоения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.14. Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов.

доктор физико-математических наук,
профессор, член-корр. РАН, профессор
кафедры вычислительной физики МФТИ
E-mail: petrov@mpt.ru
Телефон: 8(495)408-73-81

« 02 » 12 2025 г.

Я, Петров Игорь Борисович, даю своё согласие на включение моих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

Подпись руки И. Б.
заверяю:
Администратор канцелярии
Административного отдела
О. А. Кораблева

И. Б. Гершков



УТВЕРЖДАЮ

Заместитель директора по научной работе



ФГУП «СибНИИ им. С.А. Чаплыгина»

кандидат технических наук

Д.Н. Смирнов

» 11 2025 г.

ОТЗЫВ

на автореферат диссертационной работы

Левченкова Михаила Дмитриевича

на тему «Методика оценки статической прочности сетчатых конструкций планера со структурной нерегулярностью на основе многоуровневых автоматизированных конечно-элементных моделей», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.14. – «Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов»

Актуальность темы работы.

Диссертационная работа посвящена вопросам разработки нового поколения конструкций пассажирских самолетов с лучшими техническими характеристиками и уровнем надежности и комфорта, в том числе так называемых композитных сетчатых авиационных конструкций, имеющих принципиальные отличия в обеспечении прочности и устойчивости их конструкций.

Основные результаты и их новизна

Новизна работы заключается в применении нового разработанного автором метода расчета конструкций ЛА на прочность за счет использования гармонизации многоуровневой расчетной прочностной конечно-элементной модели и распараллеливания вычислительных потоков для кластера ЭВМ.

Основные научные результаты:

- предложен новый метод улучшения прочностных и жесткостных характеристик сетчатых отсеков за счет использования нерегулярности сетчатой структуры;
- разработана новая методика анализа прочности и устойчивости композитных сетчатых отсеков и панелей с нерегулярной структурой на основе многоуровневых глобально-параметрических КЭ моделей, реализующая новый метод улучшения прочностных и жесткостных характеристик сетчатых конструкций;
- получены параметрические зависимости влияния параметров нерегулярности на прочностные характеристики сетчатых структур;
- расширена область рациональных параметров сетчатой структуры, обладающей высокой весовой эффективностью для композитной конструкции цилиндрического отсека фюзеляжа и панелей крыла гражданского самолета.

Значимость для науки и практики полученных результатов работы заключается в разработке эффективного подхода для оценки прочности конструкций отсеков фюзеляжа самолета сетчатой структуры.

Достоверность результатов подтверждается сравнением с экспериментальными данными, а также с использованием сертифицированных программных продуктов на основе МКЭ.

Степень обоснованности и достоверности полученных положений, выводов и заключений, содержащихся в диссертации. Научные положения, выносимые на защиту, и полученные в работе выводы представляются обоснованными, поскольку они базируются на применении современных апробированных методов расчёта на прочность конструкций ЛА, признанных отечественной и зарубежной научной общественностью, прошли обсуждения на российских и международных научных конференциях, а также опубликованы в рецензируемых научных журналах, рекомендованных ВАК и входящих в международные базы цитирования Scopus. Выводы по диссертации оформлены структурно и содержательно, подтверждены практическими расчётами в ходе численных экспериментов, проведённых в работе.

Замечания по работе:

1. В автореферате отсутствует информации по запасам устойчивости конструкции.
2. Недостаточно данных о влиянии обшивки на весовую эффективность конструкции отсека фюзеляжа.
3. Из таблицы 1 не понятно для какого случая нагружения приведены данные. Если меняется случай нагружения, то возможно полученная нерегулярная сетка даст худшие результаты?
4. Отсутствуют данные по сходимости конечно-элементной сетки.
5. Не приведены данные, по которым проводилась оценка прочности композиционной обшивки.

Указанные замечания не влияют на общую положительную оценку работы.

Автореферат диссертации дает основания утверждать, что диссертация Левченкова Михаила Дмитриевича является законченным научным исследованием, выполнена на высоком уровне, содержит актуальные (новые) научные исследования, имеющие важную теоретическую и практическую значимость в авиационной (ракетно-космической) отрасли. Работа отвечает всем требованиям, предъявляемым к диссертации на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.5.14. – «Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов», а диссертант заслуживает присуждения искомой степени.

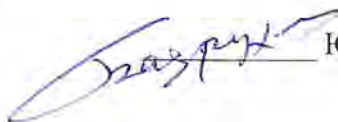
Отзыв подготовили:

Заместитель начальника отделения
усталостной и статической прочности,
д.т.н., старший научный сотрудник

 Лев Петрович Железнов

«__» _____ 2025 г.

Главный научный сотрудник НИО-2,
канд. техн. наук, с.н.с

 Юрий Иванович Бадрухин
«24» 11 2025 г.

Наименование организации: ФАУ «Сибирский научно-исследовательский институт авиации им. С. А. Чаплыгина» (СибНИА)

Почтовый адрес: 630051, г. Новосибирск, ул. Ползунова, д. 21

Телефон: +7 (383) 278-70-10

Электронная почта: sibnia@sibnia.ru

Сайт: www.sibnia.ru

УТВЕРЖДАЮ:

Врио проректора по научной
деятельности и цифровизации,
доктор технических наук, доцент
Бабушкин Виталий Михайлович



«декабрь» 2025 г.

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Левченкова Михаила Дмитриевича
Дмитриевича «Методика оценки статической прочности сетчатых конструкций
планера со структурной нерегулярностью на основе многоуровневых
автоматизированных конечно-элементных моделей», представленной на
соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности
2.5.14. Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов

Актуальность диссертационной работы Левченкова М.Д. не вызывает сомнений и подтверждена большим объемом научных исследований, выполненных в последнее время по теме «Сетчатые композитные авиаконструкции» как в России, так и за рубежом. Тема диссертационной работы органично вписывается в последовательный ряд работ, проводимых ЦАГИ по адаптации композитных сетчатых структур к высоконагруженным зонам планера перспективных пассажирских самолетов. Известно, что композитные сетчатые конструкции применительно к высоконагруженным отсекам крыла и фюзеляжа имеют ряд преимуществ по сравнению с альтернативными вариантами конструкции в обеспечение лучшей весовой эффективности. Однако они имеют и недостатки из-за отсутствия реальной возможности изменять жесткостные характеристики отдельных ребер по их длинам. По этой причине удлиненная конструкция отсеков фюзеляжа и крыла с большим градиентом величин внешнего нагружения имеют излишние запасы по прочности, которые невозможно ликвидировать традиционными для обшивочных конструкций способами, т.е. за счет изменения толщин по размаху.

Новизна диссертационной работы содержится в новом методе и новой методике, на основе которых появляется возможность управления жесткостными характеристиками сетчатых структур по длине и поперечному направлению отсека. В рамках предложенного метода изменение жесткостей достигается за счет создания реберной нерегулярности из-за изменения значений углов наклона спиральных/диагональных ребер по длине и поперечному направлению.

Практическая значимость диссертационной работы состоит в том, что в диссертации подтверждена эффективность разработанного метода и методики

по гармонизации параметров внутренних силовых факторов с внешними нагрузками как на модельных задачах, так и на примерах реальных конструкций перспективных пассажирских самолетов. В результате получен ряд новых решений, приводящих к более равномерному распределению внутренних силовых факторов и более адекватных к уровню внешних нагрузок, дающих возможность улучшить весовую эффективность сетчатых конструкций либо увеличить жесткостные характеристики без весовых затрат.

Еще одним положительным моментом является то, что предложенная в работе структурная нерегулярность сетчатого каркаса имеет такую же топологию, как и регулярная структура (структура с постоянным периодическим шагом). Данная особенность имеет большое практическое значение с точки зрения изготовления поскольку позволяет использовать практически целиком хорошо отработанную процедуру изготовления регулярных конструкций.

В качестве замечаний к тексту автореферата следует отметить следующие пункты рекомендательного характера:

1. Отсутствие конкретных критериев завершения цикла, описанного в блок-схеме на рисунке 7.
2. Отсутствие аргументированности внутреннего цикла (перебор вариантов значений параметров нерегулярности) блок-схемы на рисунке 7.

Несмотря на выдвинутые замечания, работа удовлетворяет требованиям ВАК РФ, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор Левченков Михаил Дмитриевич заслуживает присвоения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.14. Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов.

Сведения об авторе отзыва:

Заведующий кафедрой прочности конструкций
ФГБОУ ВО КНИТУ-КАИ,
доктор технических наук, профессор

E-mail: VAKostin@kai.ru

Телефон: +7 (843) 231-03-52

Костин Владимир Алексеевич

(ФИО полностью)

Подпись _____
завещаю. Начальник управле
делопроизводства и контро



(подпись)

« 01 » декабря 2025 г.

Адрес: 420111, г. Казань, ул. К. Маркса, 10
ФГБОУ ВО КНИТУ-КАИ, тел.: +7 (843) 231-03-52,
<http://www.kai.ru/> E-mail: VAKostin@kai.ru, kai@kai.ru

УТВЕРЖДАЮ



Генеральный директор и главный
конструктор АО «ЦНИИСМ»

А.Ф. Разин

10 октября 2025 г.

АКТ ВНЕДРЕНИЯ № 155/10-2025

результатов диссертации Левченкова Михаила Дмитриевича «Методика оценки статической прочности сетчатых конструкций планера со структурной нерегулярностью на основе многоуровневых автоматизированных конечно-элементных моделей» на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.14 – Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов

Настоящий акт подтверждает использование в Акционерном обществе «Центральный научно-исследовательский институт специального машиностроения» (АО «ЦНИИСМ») в процессе проектирования и расчета цилиндрических сетчатых оболочек результатов диссертации Левченкова Михаила Дмитриевича «Методика оценки статической прочности сетчатых конструкций планера со структурной нерегулярностью на основе многоуровневых автоматизированных конечно-элементных моделей», а именно метода гармонизации прочностных и жесткостных характеристик, а также методики анализа прочности сетчатых конструкций.

Результаты диссертации Левченкова Михаила Дмитриевича позволяют автоматизировать процедуру выбора рациональных значений конструктивных параметров и получить более равнонагруженные и эффективные в весовом отношении конструкции сетчатых цилиндрических оболочек, как с регулярной, так и с нерегулярной структурой.

Начальник отделения 10 –
зам. главного конструктора

А.А. Бабичев

УТВЕРЖДАЮ

И.о. проректора по научной
деятельности и цифровизации
КНИТУ-КАИ



В.М. Бабушкин

«09» октября 2025 г.

АКТ ВНЕДРЕНИЯ

результатов диссертации Левченкова Михаила Дмитриевича «Методика оценки статической прочности сетчатых конструкций планера со структурной нерегулярностью на основе многоуровневых автоматизированных конечно-элементных моделей» на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.14 – Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов

Настоящий акт подтверждает использование в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ» (КНИТУ-КАИ) в процессе проектирования и расчета цилиндрических сетчатых оболочек результатов диссертации Левченкова Михаила Дмитриевича «Методика оценки статической прочности сетчатых конструкций планера со структурной нерегулярностью на основе многоуровневых автоматизированных конечно-элементных моделей», а именно метода гармонизации прочностных и жесткостных характеристик, а также методики анализа прочности сетчатых конструкций.

Результаты диссертации Левченкова Михаила Дмитриевича позволяют повысить эффективность процедуры выбора рациональных значений конструктивных параметров и получить более равнонагруженные и эффективные в весовом отношении конструкции сетчатых цилиндрических оболочек, как с регулярной, так и с нерегулярной структурой.

Заведующий кафедрой ПЛА

В.В. Батраков

УТВЕРЖДАЮ



Генеральный директор и главный
конструктор АО «ЦНИИСМ»

А.Ф. Разин

«01» ноября 2023 г.

АКТ ВНЕДРЕНИЯ № 119/10-2023
программы оптимизации сетчатого композитного каркаса
цилиндрической оболочки

Настоящий акт подтверждает использование в Акционерном обществе «Центральный научно-исследовательский институт специального машиностроения» (АО «ЦНИИСМ») в процессе проектирования и расчета цилиндрических сетчатых оболочек программы для ЭВМ «Программа оптимизации сетчатого композитного каркаса цилиндрической оболочки» (свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2023663906 от 28.06.2023 г.), разработанной в ЦАГИ.

Данная программа позволяет автоматизировать процедуру выбора рациональных значений конструктивных параметров сетчатых цилиндрических оболочек, включая оболочки с нерегулярной сетчатой структурой.

Начальник отделения 10 –
зам. главного конструктора

А.А. Бабичев

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной и
инновационной деятельности
КНИТУ-КАИ



В.М. Бабушкин

«12» декабря 2024 г.

АКТ ВНЕДРЕНИЯ №

программы оптимизации сетчатого композитного каркаса
цилиндрической оболочки

Настоящий акт подтверждает использование в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ» (КНИТУ-КАИ) в процессе проектирования и расчета цилиндрических сетчатых оболочек программы для ЭВМ «Программа оптимизации сетчатого композитного каркаса цилиндрической оболочки» (свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2023663906 от 28.06.2023 г.), разработанной в ФАУ «ЦАГИ».

Данная программа позволяет снизить трудоемкость процедуры выбора рациональных значений конструктивных параметров сетчатых цилиндрических оболочек, как с регулярной, так и с нерегулярной структурой.

Заведующий кафедры ПЛА



В.И. Халиулин