



УТВЕРЖДАЮ

Председатель НТС,
Генеральный директор



М.В. Валов

11 2025 года

ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертационную работу Левченкова Михаила Дмитриевича «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 исследования Левченкова М.Д. определяется необходимостью разработки нового поколения композитных авиаконструкций. Практика создания самолетов, содержащих слоистые подкрепленные панели в качестве силовых элементов, показала, что весовая выгода от их использования по сравнению с традиционными металлическими конструкциями труднодостижима в связи с проблемами обеспечения прочности. По этой причине весьма актуальны исследования по поиску новых методов и КСС, позволяющих получить рациональные конструктивные решения, учитывающие прочностные особенности композитных материалов и реализующие их потенциальные преимущества в наибольшей мере. Диссертационная работа М.Д. Левченкова посвящена решению этой задачи путем развития перспективного класса сетчатых (анизотридных) композитных конструкций, имеющих структурную нерегулярность, что позволяет гармонизировать их свойства с уровнем внешнего нагружения и добиться нового качества в весовой эффективности.

Целью работы является создание универсальной оперативной расчетной методики для оценки прочностных и жесткостных характеристик нерегулярных

сетчатых отсеков крыла и фюзеляжа и улучшение этих характеристик за счет изменения углов наклона реберной сетки.

В работе решены следующие **задачи**:

- разработана методика оценки прочности на основе многоуровневого подхода, в рамках которого конструкция рассматривается на нескольких уровнях детализации, что позволяет оперативно решать различные задачи прочности с необходимым уровнем точности;

- разработан и апробирован метод гармонизации уровня запасов статической прочности с уровнем внешнего нагружения за счет изменения углов наклонных ребер;

- разработаны программные процедуры по значительному снижению временных затрат при вычислениях;

- получены параметрические зависимости жесткостных, прочностных и массовых характеристик сетчатых отсеков планера от значений параметров реберной структуры, имеющей нерегулярности.

Решение вышеизложенных задач позволило получить совокупность **новых научных результатов**:

- создан новый метод гармонизации параметров прочности сетчатых композитных отсеков планера;

- получены параметрические зависимости прочности и массы сетчатых отсеков от значений нерегулярности

- получены результаты численных исследований массы нерегулярных сетчатых отсеков в составе конструкции перспективных пассажирских самолетов

Достоинством данной работы является комплексный учет прочностных, жесткостных и массовых критериев при оценке конструкций, а также учет ограничений по местной и общей устойчивости элементов конструкции. Разработанные процедуры распараллеливания вычислений обеспечивают практическую реализуемость методики анализа в сжатые сроки.

Достоверность полученных результатов подтверждается их успешной валидацией на основе сравнения с данными натурных экспериментов.

Практическая значимость работы состоит в том, что, используя разработанный метод гармонизации прочностных характеристик, становится возможным улучшить весовые показатели разрабатываемых конструкций, а разработанная методика анализа прочности сетчатых конструкций обеспечивает требуемую оперативность при расчетах нерегулярных сетчатых структур. Результаты работы и программный комплекс внедрены в АО «ЦНИИСМ» и КНИТУ-КАИ.

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения и списка литературы из 101 наименования.

Во **введении** обоснована актуальность, сформулированы научная новизна и практическая значимость диссертационной работы, поставлена цель работы и задачи исследования, определены положения, выносимые на защиту. Кратко и содержательно изложено состояние исследований в области сетчатых конструкций.

Глава 1 посвящена аналитическому обзору и постановке задачи исследования. Проведен анализ критических особенностей обеспечения прочности сетчатых композитных конструкций, сформированы расчетные условия и структура метода гармонизации прочностных параметров. Особенности обеспечения прочности рассмотрены в рамках структурной декомпозиции, что является методологической основой работы.

В **Главе 2** изложены разработанные метод гармонизации и методика анализа прочности сетчатых отсеков со структурной нерегулярностью. Детально описана трехуровневая система автоматизированных конечно-элементных моделей, их взаимодействие и процедуры передачи данных. Показана адаптация методики к четырехуровневому алгоритму ЦАГИ и процедура распараллеливания для повышения производительности вычислений.

Глава 3 содержит результаты расчетно-экспериментальных исследований, подтверждающие эффективность и точность разработанного метода. Проведена успешная валидация конечно-элементных моделей всех трех уровней на экспериментальных данных, полученных при испытаниях сетчатых оболочек. Параметрические исследования на модельных задачах наглядно демонстрируют влияние нерегулярности на весовые, прочностные и жесткостные характеристики конструкций.

В **Главе 4** приведены результаты исследований прочности перспективных авиаконструкций, содержащих сетчатые структуры. Исследования проведены в рамках сверхзвукового пассажирского, среднемагистрального и регионального самолетов. Приведены результаты сравнительного анализа, показавшие значительный весовой выигрыш нерегулярных сетчатых КСС по сравнению с традиционными альтернативами.

В **заключении** сформулированы основные выводы по полученным результатам, которые являются вполне обоснованными и соответствуют содержанию работы.

Автореферат полностью отражает содержание диссертации.

Рекомендации по использованию результатов диссертации. Результаты диссертационного исследования Левченкова М.Д. могут быть применены для улучшения весовых и прочностных характеристик сетчатых цилиндрических конструкций.

Автором по теме диссертации опубликовано 10 печатных работ, в том числе три работы – в изданиях из перечня ВАК, и две работы – в изданиях, индексируемых Scopus. Зарегистрирована одна программа для ЭВМ. Основные результаты докладывались на пяти отраслевых, всероссийских и международных конференциях, что свидетельствует о достаточной апробации работы.

По работе могут быть отмечены следующие **замечания**:

- 1) недостаточно подробно описан алгоритм перебора параметров конструкции при решении задач сравнительного анализа в главе 4;
- 2) значения параметров конструкций даны в относительных величинах, что усложняет воспроизводимость результатов и анализ сопоставимости с параметрами аналогичных конструкций;
- 3) отсутствует учет влияния эластичных обшивок на жёсткость, что ведет к некоторому завышению оценки веса исследуемых сетчатых конструкций.

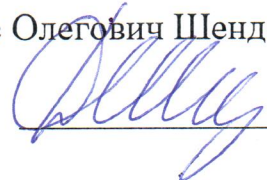
Тем не менее, указанные замечания носят рекомендательный характер и не влияют на общую положительную оценку работы.

Диссертационная работа является целостной и завершенной научно-квалификационной работой, выполненной на высоком научном уровне и обладающей научной и практической значимостью. Диссертация соответствует паспорту специальности, полностью удовлетворяет требованиям ВАК РФ, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, 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.

Диссертационная работа и данный отзыв прошли обсуждение на заседании секции НТС АО «РЕШЕТНЕВ» (протокол от 17.11.2025 №НТС-02/14-2025). Голосовали единогласно.

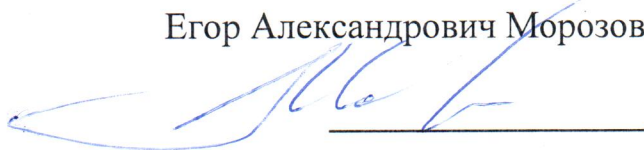
Заместитель председателя секции НТС, Заместитель директора отраслевого центра крупногабаритных трансформируемых механических систем по расчетно-экспериментальному направлению, к.т.н.,

Денис Олегович Шендалев



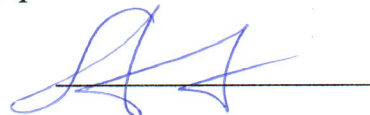
Ученый секретарь НТС АО «РЕШЕТНЕВ»- начальник управления информационного обеспечения, к.т.н

Егор Александрович Морозов



Член НТС, начальник отдела анализа конструкции КА по прочности и динамике

Александр Николаевич Акимов



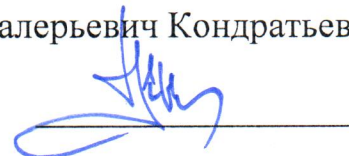
Член НТС, начальник группы разработки углепластиковых силовых конструкций, к.т.н.

Евгений Дмитриевич МIRONENKO



Член НТС, начальник группы отработки новых методов испытаний, к.т.н.

Кирилл Валерьевич Кондратьев



Мы, Валов М.В., Шендалев Д.О., Морозов Е.А., Акимов А.Н., МIRONENKO Е.Д., Кондратьев К.В. даем свое согласие на включение наших персональных данных в документы, связанные с защитой диссертации Левченкова М.Д. и их дальнейшую обработку.

Подписи Валов М.В., Шендалева Д.О., Морозова Е.А., Акимова А.Н., МIRONENKO Е.Д., Кондратьева К.В. заверяю,

Специалист отдела кадров



Сведения об организации: Акционерное общество «Информационные спутниковые системы» имени академика М. Ф. Решетнёва», (АО «РЕШЕТНЕВ»), 662972, Российская Федерация, Красноярский край, г. Железногорск, ул. Ленина, зд. 52, телефон: +7 (3919) 72-24-39, электронная почта: office@iss-reshetnev.ru.