

результатов, степень достоверности, методология и методы исследования, приводятся сведения об апробации результатов работы и публикациях.

В первой главе проведено обзорно-аналитическое исследование работ по вопросам накопления повреждения и ресурсу авиационных композитных конструкций. Рассмотрены работы, посвященные экспериментальным и численным исследованиям механических болтовых соединений. Приведена постановка задач диссертационного исследования.

Во второй главе приводится методика поиска оптимальной длины зоны включения стыка в работу при передаче нагрузки от композита к металлическим деталям авиационных конструкций. На примерах крепления лопасти несущего винта к металлическому переходному устройству и стыка крыла с центропланом показано практическое применение данной методики при выборе оптимальной длины стыка.

Третья глава посвящена расчету накопления повреждений в стыковых зонах авиационных конструкций. В данной главе представлен общий алгоритм решения задачи и приведены численные результаты изменения модуля упругости и модуля сдвига для ранее рассмотренных примеров.

В четвёртой главе представлены результаты прогнозирования ресурса авиационных конструкций с учетом кривой усталостной долговечности. Для вертолетной лопасти реальной и предлагаемой конструкции определен ресурс работы в часах. Так для предполагаемой конструкции лопасти ресурс получился выше практически в 2 раза, чем в реальной конструкции. Это объясняется тем фактом, что увеличивается количество перерезаемых волокон в заделке лопасти за счет уменьшения диаметра крепежа, и тем самым увеличивается прочность конструкции. Также в данной главе представлена методика оценки несущей способности композитной конструкции с учетом роста поврежденности, которая дает возможность прогнозировать длительности работы конструкции без нарушения эксплуатационных свойств. На примере конструкции узла крепления вертолетной лопасти получены диаграммы прочности при различных числах циклов нагружения и изменение предельной нагрузки вследствие поврежденности материала.

В пятой главе приводятся экспериментальные результаты по исследованию прочности композитных образцов. В процессе эксперимента зафиксировано накопление повреждений образцов композитного соединения под действием растягивающих циклических нагрузок с постоянной частотой и подтверждена предложенная автором методика расчета накопления повреждений в узлах авиационных конструкций.

В заключении сформулированы основные результаты по диссертационной работе.

Научная новизна работы состоит в создании новых аналитических методик расчета оптимальной зоны включения в работу металло-композитных стыков и методики расчета накопления повреждений в зонах стыка авиационных конструкций на примерах крепления лопасти вертолета и стыка крыла с центропланом.

Достоверность и обоснованность полученных в работе выводов подтверждается использованием математических моделей, основанных на законах механики разрушения композиционных материалов, применением коммерческого программного обеспечения с открытыми теоретическими моделями деформирования композитных материалов. Теоретические исследования подтверждаются экспериментальными данными полученными автором на композиционных и металло-композиционных образцах.

Основные положения диссертационной работы **достаточно полно отражены** в опубликованных соискателем работах, при этом в рецензируемых научных изданиях было опубликовано четыре статьи. Также основные результаты исследования докладывались на 6 российских и международных научно-технических конференциях.

По работе имеется ряд замечаний:

1. На стр. 30 фраза «методика получения оптимальной длины стыка соединения, в котором обеспечено равномерное распределение нагрузки в соединительных болтах» некорректна. При одинаковом сечении болтов в количестве больше двух в ряду нагрузка не может передаваться равномерно. Очевидно речь идет об определении длины зоны включения в работу стыка при предположении, что болты нагружены равномерно.
2. На стр. 54 при расчете крыла в его верхних и нижних панелях принимается укладка ($45^\circ, -45^\circ, 90^\circ$). Почему-то в этой укладке отсутствуют слои с ориентацией 0° , которые наиболее эффективно воспринимают нагружение от изгибающего момента.
3. Геометрические характеристики, приведенные в таблице 2.7 не стыкуются с рис. 2.21.
4. На рис. 2.1 ось ОХ должна проходить по линии симметрии соединения.
5. В выражении 4.1.1. отсутствуют обозначения переменных величин, что затрудняет чтение работы.
6. В тексте диссертации имеется ряд описок и опечаток (например, на стр. 7, 10, 28, 32 и др., в заголовке 4.1.3., в литературной публикации №108.)

Вместе с тем отмеченные недостатки не снижают научной и практической значимости диссертационной работы.

Автореферат полностью отражает основное содержание диссертации. В нем определены цель, задачи, объект и предмет исследования, описаны методы исследования, изложены основные результаты, сформулированы положения, выносимые на защиту, дано достаточно полное представление о научной и практической значимости работы.

Диссертация, несомненно, имеет прикладной характер, ее результаты и выводы могут быть рекомендованы к использованию на предприятиях авиационной промышленности при выборе рациональных размеров силовых элементов конструкций.

Текст диссертации написан ясным профессиональным языком с соблюдением всех требований государственных стандартов к структуре и оформлению научно-технической документации, диссертаций и авторефератов.

В целом, диссертационная работа удовлетворяет требованиям ВАК Российской Федерации, предъявляемых к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор – Маскайкина Анна Александровна, заслуживает присуждение этой ученой степени по специальности 2.5.14. «Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов».

Отзыв рассмотрен и одобрен на заседании отделения «Статическая и тепловая прочность ЛА» (протокол № 1 от 11 апреля 2023 г.).

Заместитель начальника отделения
«Статическая и тепловая прочность
ЛА», к.т.н. (специальность 05.07.03)
+7(495)556-38-33
mikhail.limonin@tsagi.ru

Лимонин Михаил
Валерьевич

Главный научный сотрудник
отделения «Статическая и тепловая
прочность ЛА», д.т.н., профессор
(специальность 05.07.03)
+7(495)556-47-06
VIGrishin0641@gmail.com

Гришин Вячеслав
Иванович

Лимонин М.В. и Гришин В.И. выражают согласие на включение своих персональных данных и их дальнейшую обработку в аттестационные документы соискателя ученой степени кандидата технических наук Маскайкиной А.А.

С отзывом ознакомлена

Маскайкина
28.04.2023