

## ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

доктора технических наук, профессора, ректора Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский государственный технический университет» Батаева Анатолия Андреевича на диссертационную работу Свиридова Андрея Александровича «Разработка методик определения расчетных характеристик материалов для обеспечения статической прочности и ресурса авиационной конструкции», представленную к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук в диссертационный совет Д 212.125.10 ФГБОУ ВО «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» по специальности 05.07.03 – Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов

В диссертационной работе Свиридова Андрея Александровича решается важная научная и техническая задача, связанная с усовершенствованием нормативной базы авиастроительной отрасли, а также анализируются способы обеспечения статической прочности и ресурса авиационной конструкции, производимой из современных материалов. На основе большого объема экспериментальных данных автором установлено влияние различных технологических процессов получения отверстий на усталостные характеристики металлических и полимерных композиционных материалов при испытаниях образцов типа «полоса с отверстием».

**Актуальность темы** подтверждается внедрением предложенных решений в отечественном авиастроении при производстве основных силовых элементов из полимерных композиционных материалов. Сложившаяся система нормативной документации требует совершенствования и доработки в части получения расчетных характеристик. Остро стоит задача снижения рассеяния усталостных характеристик и корректировки соответствующих коэффициентов надежности, которые, в свою очередь, прямо влияют на ресурс летательных аппаратов.

Совершенствование производства элементов авиационных конструкций из металлических материалов связано с оценкой степени влияния технологии на их усталостные характеристики. Для вновь разрабатываемой техники цикл определения расчетных характеристик является весьма длительным, представленные результаты работы могут существенно снизить временные затраты на проведение экспериментальных исследований.

В последнее время становятся актуальными задачи создания цифровых двойников изделий авиационной техники. Для виртуального моделирования

Федеральное государственное бюджетное учреждение  
«Центр документации МАИ»  
«08» 04 2022

статических и ресурсных испытаний крайне важно иметь широкий перечень характеристик материалов, полученных с максимальной точностью, поскольку это прямо влияет на качество финальных результатов моделирования испытаний.

Таким образом, на основе изложенного выше можно полагать, что в работе А.А. Свиридова решаются актуальные для отрасли научно-прикладные задачи по обеспечению статической прочности и ресурса летательных аппаратов за счет повышения точности определения расчетных характеристик авиационных конструкционных материалов.

Рецензируемая работа изложена на 167 страницах, включая введение, четыре главы, заключение список литературы из 59 наименований и 2 приложения.

**Во введении** обоснована актуальность темы работы, представлены цель и задачи исследования, отражена научная новизна, описаны теоретическая и практическая значимость работы, перечислены положения, выносимые на защиту, а также представлены сведения по апробации результатов диссертационной работы.

**В первой главе диссертации** обоснована необходимость разработки методик по определению расчетных значений предела прочности на сдвиг в плоскости слоев для полимерных композиционных материалов, а также предела прочности на сдвиг для тонких алюминиевых листов. Описаны основные особенности указанных методик.

**Во второй главе** проводится анализ влияния технологии производства образцов из алюминиевых полуфабрикатов типа «полоса с отверстием» на усталостные характеристики материалов. Показана эквивалентность двух анализируемых технологий производства образцов. Приводятся полученные автором экспериментальные данные и результаты их обработки в рамках оценки влияния частоты нагружения на усталостные характеристики алюминиевых полуфабрикатов. Для современных алюминиевых полуфабрикатов подтверждены установленные ранее закономерности по влиянию частоты нагружения на их поведение в процессе усталостного нагружения.

**В третьей главе** представлены результаты по сравнению различных технологий получения отверстий в композиционных элементах авиационных конструкций с целью минимизации влияния условий обработки изделий на усталостные характеристики, а так же уменьшения рассеяния анализируемых показателей. Даны рекомендации по выбору технологии обработки. Экспериментально показано, что за счет изменения процесса получения



отверстий, можно достигнуть уменьшения рассеяния усталостных характеристик вплоть до 4 раз.

**В четвертой главе** представлены данные по разработке и верификации разработанной методики определения статической и усталостной прочности композиционных соединений.

В конце каждого раздела приведены выводы, отражающие полученные диссертантом данные.

**В заключении** представлены основные результаты проведенных в диссертационной работе исследований.

**В приложениях** приводятся методики по определению предела прочности материалов на сдвиг в плоскости слоев, определению показателей статической и усталостной прочности механических соединений.

Диссертационная работа оформлена в соответствии с требованиями ВАК, логически структурирована и написана научно-техническим языком.

В работе представлены экспериментальные данные, полученные и обработанные лично соискателем. Анализируется отечественный и зарубежный опыт по теме научного исследования. Для планирования эксперимента и анализа полученных результатов использован программный комплекс Simulia Abaqus.

**Научная новизна** диссертационной работы определяется разработанными А.А. Свиридовым методиками по определению расчетных характеристик, закрывающими пробел в существующей системе нормативной документации. На основе большого объема экспериментальных данных автором разработаны рекомендации по технологии получения отверстий в элементах конструкции летательных аппаратов из полимерного композиционного материала. Результаты диссертационной работы позволили:

- Обосновать эффективный способ получения отверстий в элементах конструкции из ПКМ, позволяющий изменить коэффициенты надежности и повысить ресурсные характеристики конструкции за счет снижения рассеяния характеристик прочности.

- Подтвердить рекомендованный диапазон частот нагружения при определении усталостных характеристик современных металлических материалов.

- Разработать методику определения статических и усталостных характеристик по критерию овализации отверстий для соединений из ПКМ, позволяющую существенно повысить уровень допустимых контактных напряжений в конструкции.

**Теоретическая значимость** работы состоит в определении степени влияния используемых методов и условий испытаний на расчетные

характеристики, выявлении возможности прямого моделирования процессов разрушения ПКМ с использованием МКЭ для обеспечения прочностных свойств различных типовых укладок ПКМ.

**Практическая значимость** работы подтверждается применением результатов представленной работы в ПАО «Корпорация «Иркут» для выпуска СТО по испытаниям в рамках проекта МС-21-300 и возможностью использовать предложенные рекомендации и методики испытаний для обеспечения прочности и ресурса разрабатываемой в Российской Федерации авиационной техники.

Результаты работы использовались автором при сертификации отечественной и зарубежной техники.

**Достоверность и научная обоснованность** диссертационного исследования определяется большим объемом экспериментальных данных, использованием аттестованного испытательного оборудования, применением современного коммерческого программного обеспечения, сравнением результатов исследования с полученными ранее и опубликованными результатами.

#### **Полнота опубликованных результатов**

Основные научные результаты диссертационной работы, выносимые на защиту, опубликованы в двух статьях в журналах, рекомендованных ВАК РФ, и в шести научных публикациях в других изданиях, а также обсуждены на различных конференциях всероссийского и международного уровня.

**Автореферат и опубликованные работы полностью раскрывают содержание диссертационной работы.**

Наряду с положительной оценкой диссертационной работы считаю целесообразным указать на ряд **замечаний**, к числу которых относятся следующие:

1. В литературном обзоре недостаточно подробно рассмотрены факторы, влияющие на рассеяние характеристик, получаемых при усталостных испытаниях, не приведены данные о влиянии факторов, связанных с технологией изготовления композитных материалов.

2. В главе 1 (п. 1.2.) указаны различия в геометрии образцов из композиционных материалов, регламентированных отечественным и зарубежным стандартами для оценки механических свойств при растяжении, но не приводятся данные о влиянии формы образцов на рассеяние анализируемых характеристик.

3. Автор отмечает, что наиболее высокие значения сдвига фиксируются с использованием оснастки, соответствующей стандарту ASTM D7078. Было принято решение использовать этот стандарт в качестве основы



при разработке проекта методики по определению предела прочности материалов на сдвиг в плоскости листа. Однако в работе не представлено обоснование данного выбора с точки зрения получения искусственно завышенных значений исследуемой характеристики.

4. В разделе 1.5 диссертационной работы приведена методика испытаний на сдвиг тонких алюминиевых листов на основе стандарта ASTM В 831-93. При этом не указаны пункты стандарта, в которые были внесены изменения. Одна из задач указанного раздела была связана с подтверждением возможности определения предела прочности на сдвиг по формуле  $\tau_{12} \approx 0.5\sigma_B$ . Однако в выводах ничего не указано о проверке корректности данной формулы.

5. В разделе 2.5.1 при обосновании влияния частоты нагружения образца на его усталостную долговечность для алюминиевых сплавов приводятся данные по испытаниям при частотах 0.17 Гц и 40 Гц. При этом указывается на монотонность роста долговечности с увеличением частоты. На основании экспериментальных данных по двум значениям частот не корректно говорить о монотонном росте влияния.

6. В главе 4 приводятся рекомендации по изменению оснастки. В то же время в работе не приведены результаты испытаний материалов с использованием новой оснастки, нет количественных показателей, свидетельствующих об эффективности разработанных рекомендаций.

7. В работе встречаются некорректные выражения, например,
- «Применяемая во ФГУП «ЦАГИ» методика ... дает возможность испытывать образцы *любой* толщины...»;
  - «Уровень оборотов 1000 об/мин...» (следует говорить о скорости вращения 1000 об/мин);
  - «... в результате которого были разработаны дополнительные доработки».

Указанные замечания **не влияют** на общую положительную оценку представленной диссертационной работы А.А. Свиридова. Цель исследования достигнута, полученные выводы и результаты соответствуют паспорту специальности 05.07.03 – Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов.

#### **Заключение по диссертационной работе**

Диссертационная работа Свиридова Андрея Александровича «Разработка методик определения расчетных характеристик материалов для обеспечения статической прочности и ресурса авиационной конструкции» является научно-квалификационной работой, в которой содержится решение задач, связанных с получением расчетных характеристик современных

материалов на основе обработки статистически значимых выборок, что обеспечивает полноту исходных данных для организации виртуальных прочностных экспериментов для авиационных конструкций из композиционных материалов. Предложенные рекомендации по выбору технологии получения отверстий в изделиях из композитов и металлов позволяют уменьшить эффект влияния механической обработки на усталостные характеристики материалов, что позволяет рассматривать вопрос о корректировке соответствующих коэффициентов надежности. Полученные автором результаты имеют существенное значение для развития страны, что соответствует требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук. Автор работы заслуживает присуждения степени кандидата технических наук по специальности 05.07.03 – «Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов».

Ректор Федерального  
государственного бюджетного  
образовательного учреждения  
высшего образования  
«Новосибирский государственный  
технический университет», доктор  
технических наук, профессор

Батаев Анатолий Андреевич

  
06.04.2022

Подпись доктора технических наук, профессора Батаева Анатолия Андреевича, заверяю:

Начальник отдела  
кадров ФГБОУ НГТУ

Пустовалова Ольга Константиновна



Краткие данные организации:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский государственный технический университет», Россия, 630073, г. Новосибирск, пр-т К. Маркса, 20, тел. +7 (383) 346-08-43, e-mail: rector@nstu.ru.

*С отрывком ознакомлен*

08.04.2022

 (Свиридов М.А.)