

Утверждаю

Заместитель генерального директора -
директор исследовательского центра
«Динамика, прочность, надежность»
ФАУ «ЦИАМ им. П.И. Баранова»,



Д.Т.Н.

Ю.А. Ножницкий

«29» ноября 2022 г.

ОТЗЫВ

на автореферат диссертационной работы Лыковой Анастасии Васильевны
«Малоцикловая усталость конструкционных сплавов при сложных
термомеханических воздействиях», представленной на соискание ученой степени
кандидата технических наук по специальности 1.1.8 – «Механика деформируемого
твёрдого тела»

Актуальность. Для расчетов на прочность основных деталей газотурбинных двигателей используют расчетные значения характеристик конструкционной прочности, в том числе кривые малоциклового усталости. Согласно существующей нормативной документации кривые малоциклового усталости строят отдельно для каждого значения температуры и коэффициента асимметрии по результатам испытаний гладких цилиндрических образцов в условиях осевого растяжения/сжатия при постоянных размахах деформаций или напряжений. Действительные рабочие условия основных деталей существенно отличаются от условий получения кривых малоциклового усталости: температура и напряженное состояние меняются на протяжении полетного цикла, напряженное состояние хотя и близко к одноосному, может отличаться от него. В связи с этим установление влияния на характеристики малоциклового усталости сложных режимов нагружения, переменных и повышенных температур, вида напряженного состояния и сочетаний перечисленных факторов является актуальной задачей.

Научная новизна работы. Впервые получены результаты испытаний на малоцикловую усталость: сплошных образцов из сплава Д16Т в условиях циклического осевого деформирования по программам блочного нагружения; трубчатых образцов из сплава Д16Т в условиях циклического осевого или крутильного нагружения с предварительным закручиванием или растяжением; трубчатых образцов из стали ЭП517Ш в условиях циклического осевого и крутильного деформирования по программам простого, сложного и блочного деформирования. Новой является методика оценки параметров модели Марко-

Старки по результатам блочного нагружения, параметры сплава Д16Т, полученные на ее основе, а также параметры модели Сайнса для сплава Д16Т.

Практическая значимость работы. Новые результаты экспериментов обладают несомненной практической значимостью и позволяют получить новые сведения о механических свойствах исследованных конструкционных сплавов.

Достоверность результатов. Достоверность экспериментальных результатов подтверждается использованием оборудования аккредитованной лаборатории, проведением испытаний в соответствии с российскими и международными стандартами.

Замечания.

1. Цель работы должна отображать положительный эффект от проводимой работы и краткое описание средств достижения. Сформулированная в автореферате цель работы не дает представления о том, влияние каких именно параметров сложных режимов циклического термомеханического нагружения на усталостную долговечность изучали. Режимы циклического термомеханического нагружения предполагают одновременное изменение в цикле температуры и механической нагрузки. Судя по автореферату, такие режимы не были исследованы, все испытания проводили при постоянных температурах.

2. Из автореферата неясно, какие именно методические рекомендации по проведению испытаний даны в работе.

3. В автореферате нет сведений о размерах образцов, объеме испытаний и некоторых параметрах режимов испытаний. Информация об общем объеме испытаний и объеме испытаний на каждом режиме важна, так как влияет на достоверность количественных оценок влияния различных условий нагружения на циклическую долговечности.

4. В разделе «Методология и методы исследования» указано, что обработка данных осуществлялась с использованием метода статистического анализа данных. Проверяли ли статистическую значимость различий по циклической долговечности и какие методы статистического анализа использовали?

5. М-образная форма цикла является комбинацией двух простых циклов, при этом подцикл может иметь разную амплитуду. Из автореферата неясно, для каких амплитуд подциклов сделан вывод о снижении усталостной долговечности на 10-25% никелевого сплава.

6. Зависимость усталостной долговечности титанового сплава от повышенной температуры не является новым результатом. Испытания, результаты которых приведены на рисунках 2 и 3, являются стандартными испытаниями на малоцикловую усталость. Большой интерес представляют результаты испытаний в условиях блочного и непропорционального нагружения, которые в автореферате описаны не очень подробно и графически почти не проиллюстрированы.

7. Схемы нагружения №1 и №2 на рисунке 4 различаются не только коэффициентами асимметрии, но и размахами деформаций: положительному коэффициенту асимметрии соответствует меньший размах деформаций. При этом сделан вывод: «...наблюдается увеличение долговечности легированной стали с коэффициентом асимметрии $R=0,35$ почти в 5 раз относительно испытаний с коэффициентом асимметрии $R=0$ ». Какое влияние на циклическую долговечность оказывает уменьшение размаха?

8. На стр. 12 сформулирован вывод: «Полученные экспериментальные данные свидетельствуют об очень значительном снижении циклической долговечности алюминиевого сплава даже при малом значении постоянной осевой либо сдвиговой составляющей». При этом результаты на рисунках 7а) и 7б) противоречат этому выводу: видно, что циклическая долговечность при амплитудах $\sigma_a=215$ МПа и $\tau_a=115$ МПа сначала растет с увеличением уровня постоянных напряжений, а после снижается. На графике для $\sigma_a=215$ МПа не хватает одного заявленного уровня нагрузки. Линейная зависимость между нагрузкой и логарифмом долговечности является только аппроксимацией, по ее наклону делать такой вывод не следует.

9. Из автореферата неясно каким образом подтверждена эффективность нелинейной модели суммирования повреждений Марко-Старки и модели Сайнса, а также моделировал ли автор на основе модели Марко-Старки процесс накопления повреждений в ходе испытаний, которые не входили в набор базового эксперимента для определения параметров модели.

10. Дополнительные вопросы и замечания:

- «Апробация работы»: МИКМУС проводится не в Перми, а в Москве в ИМАШ им. А.А. Благонравова.
- Стр. 9: «Для серий испытаний с контролем по деформациям (рисунок 2) за единицу принимается значение долговечности при амплитуде деформаций 0,26% и коэффициенте асимметрии 0...» – не указано значение температуры.
- На рисунке 9 точки для одного режима должны иметь одну и ту же прогнозируемую долговечность. Однако на рисунке 9а) одна синяя точка из верхнего синего ряда выбивается, красных точек в верхнем красном ряду не хватает. На рисунке 9б) не хватает пары точек (по сравнению с числом точек на рисунке 7а)) в предпоследнем красном ряду сверху.

Заключение. Замечания не препятствуют положительной оценке диссертации А.В. Лыковой. Диссертация представляет собой завершенную научно-квалификационную работу, в которой получены и проанализированы обладающие практической значимостью новые экспериментальные результаты.

Диссертационная работа соответствует требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней» ВАК РФ, а ее автор заслуживает присуждения

ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.1.8 – «Механика деформируемого твердого тела».

Начальник отделения
«Динамика и прочность
авиационных двигателей»
ФАУ «ЦИАМ им. П.И. Баранова»,
кандидат технических наук

Серветник
Антон
Николаевич

Начальник сектора
отдела «Расчеты динамики
и прочности двигателей»
ФАУ «ЦИАМ им. П.И. Баранова»,
кандидат технических наук

Сапронов
Дмитрий
Владимирович

Старший научный сотрудник
отдела «Расчеты динамики
и прочности двигателей»
ФАУ «ЦИАМ им. П.И. Баранова»,
кандидат физико-математических
наук

Худякова
Анастасия
Дмитриевна

Подписи начальника отделения Серветника А.Н., начальника сектора Сапронова Д.В. и старшего научного сотрудника Худяковой А.Д. подтверждаю.

Ученый секретарь
ФАУ «ЦИАМ им. П.И. Баранова»,
доктор экономических наук

Джамай
Екатерина
Викторовна



Государственный научный центр, федеральное автономное учреждение
«Центральный институт авиационного моторостроения имени П.И. Баранова»
111116, г. Москва, ул. Авиамоторная, д. 2
www.ciam.ru
Телефон: +7 (499) 763-61-67