

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА УСТАЛОСТНОЙ ПРОЧНОСТИ КОНСТРУКТИВНО ПОДОБНОГО ОБРАЗЦА ФЛАНЦА ИЗ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Малькова С.А.^{1,2}, Торопицина А.В.¹, Уткин А.О.¹

¹АО «ОДК-Авиадвигатель», г. Пермь, malkovasofia@myrambler.ru

²Пермский национальный исследовательский политехнический университет, г. Пермь

Ключевые слова: полимерные композиционные материалы, усталостные испытания, кривая усталости, предел выносливости, расслоение.

В настоящее время во многих конструктивных элементах самолетов в качестве материала используются полимерные композитные материалы (ПКМ). ПКМ обладают высокой прочностью относительно низкой плотности, что делает их особенно привлекательными для использования в нагруженных элементах.

Согласно требованиям Авиационных правил части 25 необходимо показать, что разработанная конструкция обладает достаточной прочностью, чтобы выдерживать нагрузки типового профиля полета, вибрационные и акустические нагрузки. С целью сокращения длительных дорогостоящих прямых испытаний полноразмерной конструкции существует возможность подтверждения усталостной прочности расчетно-экспериментальным способом с использованием результатов испытаний конструктивно подобных образцов.

Конструктивно подобные образцы повторяют геометрию наиболее нагруженных критических зон деталей [1]. Как правило, образцы должны быть изготовлены по близкой технологии изготовления детали. Таким образом, образцы могут представлять собой отгибные фланцы, ламинатные элементы с отверстиями, элементы сотовых конструкций и пр.

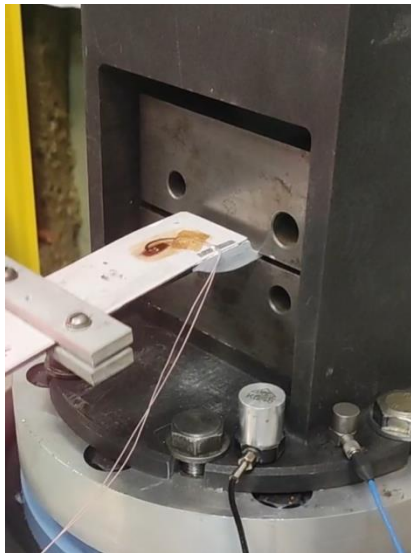
В результате усталостные испытания конструктивно подобных образцов представляют собой ресурсные испытания, в результате которых получают кривые усталости и условный предел выносливости.

Методика проведения усталостных испытаний предполагает циклическое приложение синусоидальной нагрузки с постоянной амплитудой. Закрепление и нагружение образца выбирается таким образом, чтобы напряженно-деформированное состояние в условиях испытаний соответствовало напряженно-деформированному состоянию детали в условиях эксплуатации. Для контроля распределения деформаций в образце при испытаниях устанавливаются тензодатчики.

Нагружение образца производится при помощи вибростенда при гармоническом колебании вибростола (рис.1а). Кроме того, необходимо обеспечить низкую резонансную частоту колебаний образца, чтобы не допустить смазогорева материала [2]. В процессе испытаний система измерений контролирует амплитуду нагружения, регистрирует частоту колебаний и количество циклов испытаний. С целью построения кривой усталости необходимо подобрать соответствующие уровни нагрузки. В процессе испытаний образца при высоких нагрузках довольно хорошо зафиксировано развитие трещины и разрушение при малом числе циклов. Критерием разрушения образца является образование трещин и расслоений. В ходе испытаний в образцах зафиксировано развитие трещин (рис. 1б).

При испытаниях было отмечено, что при постепенном развитии трещины наблюдалось медленное снижение резонансной частоты. При резком увеличении трещины происходит скачкообразное падение частоты.

Полученные экспериментальные данные планируется использовать при оценке прочности композитной конструкции при усталостных и вибрационных нагрузках.



а) б)
Рисунок 1 – Схема испытаний образца на вибростенде (а);
вид трещины в конструктивно подобном образце фланца (б)

В результате усталостных испытаний образцов из ПКМ были получены результаты, представленные на рис. 2.

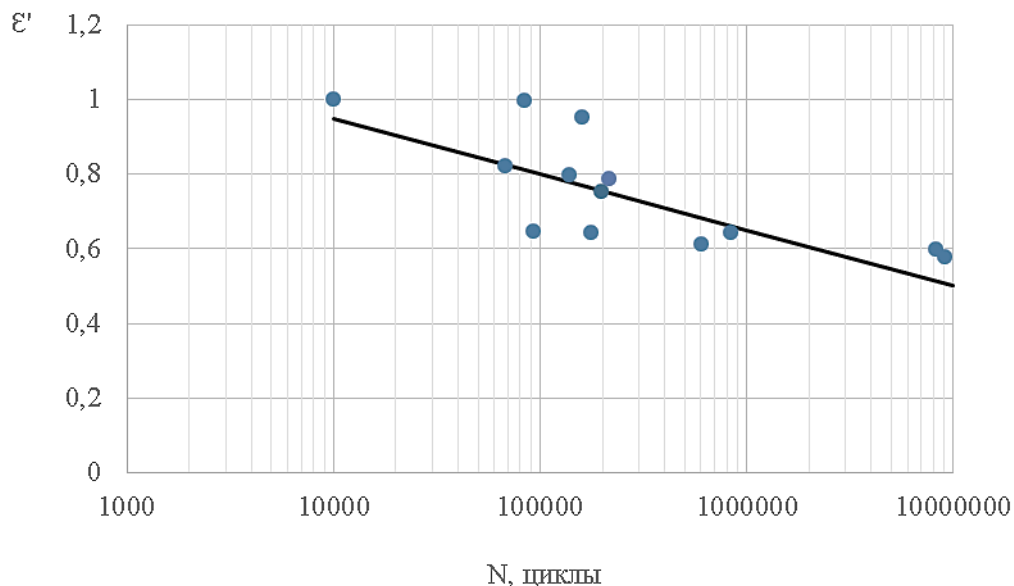


Рисунок 2 – Кривая усталости образца, где $\varepsilon' = \frac{\varepsilon_a}{\varepsilon_{\max}}$ – относительная деформация, ε_a – амплитуда деформации по тензорезистору, ε_{\max} – максимальная амплитуда деформации, N – число циклов нагружения

Список литературы

1. Соломонов Д.Г., Нихамкин М.Ш., Торопицина А.В. Выбор конструктивно-подобных элементов для испытаний на усталость авиационных конструкций из полимерных композиционных материалов. // Вестник ПНИПУ. Аэрокосмическая техника. – 2022. – № 69. С. 62-70.
2. Нихамкин М.Ш., Конев И.П., Саженов Н.А., Самодуров Д.А., Торопицина А.В. Тепловое состояние образцов из углепластика при усталостных испытаниях. // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 9 (часть 1). – С. 44-49.

Сведения об авторах

Малькова С.А., аспирант ПНИПУ. Инженер-конструктор-расчетчик бригады прочностного проектирования деталей и узлов из ПКМ, АО «ОДК-Авиадвигатель» (614000, Россия, г. Пермь, Комсомольский пр-т, 93, e-mail: malkova-sa@avid.ru).

Торопицина А.В., заместитель начальника отдела по экспериментальным исследованиям и работам с ПКМ, АО «ОДК-Авиадвигатель» (614000, Россия, г. Пермь, Комсомольский пр-т, 93, e-mail: toropitsina@avid.ru).

Уткин А.О., инженер-конструктор-расчетчик бригады расчетов динамической прочности силовых схем и агрегатов двигателя, АО «ОДК-Авиадвигатель» (614000, Россия, г. Пермь, Комсомольский пр-т, 93, e-mail: utkin-ao@avid.ru).

EXPERIMENTAL EVALUATION OF FATIGUE STRENGTH OF A STRUCTURALLY SIMILAR FLANGE SAMPLE MADE OF POLYMER COMPOSITE MATERIALS

Malkova S.A.^{1,2}, Toropitsina A.V.¹, Ytkin A.O.¹

¹JSC "UEC-Aviadvigatel", Perm, Russia

²Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russia

Keywords: polymer composite materials, fatigue tests, fatigue curve, endurance limit, stratification.

The article describes the results of fatigue tests of a structurally similar flange sample made of polymer composite materials. The methodology of carrying out resource tests for cyclic loads and the selection of a structurally similar sample is given. The test results are given and the fatigue curve is obtained.