

РАСЧЁТНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ И РАСЧЁТНО-АНАЛИТИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К АНАЛИЗУ ЦИКЛИЧЕСКОЙ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

Кочерова Е. Е.

Самарский университет, г. Самара, kocherova_2020@mail.ru

Ключевые слова: долговечность, прочность, малоцикловая усталость, повреждение, материаловедение, уравнение Мэнсона-Коффина, эксперимент, деформации, напряжения

В работе рассмотрен общий подход к анализу малоцикловой усталости реальных конструкций высоконагруженных деталей машин, кратко описаны существующие расчётно-аналитические (на базе уравнения Мэнсона-Коффина и его энергетической интерпретации [1,2]) и расчётно-экспериментальные (на базе экспериментально полученных на образцах кривых малоцикловой усталости) подходы и методики оценки циклической долговечности. Определены их преимущества и недостатки.

Предложен расчётно-аналитический подход к оценке циклической долговечности высоконагруженных деталей машин на стадии проектирования с использованием деформационно-энергетических критериев повреждения и разрушения – удельной диссипации энергии деформирования, связанной с упрочнением материала по результатам анализа НДС детали в ПК «ANSYS». Отмечена возможность использования критерия на протяжении всего жизненного цикла детали, в том числе для учёта технологической наследственности (рис.1).

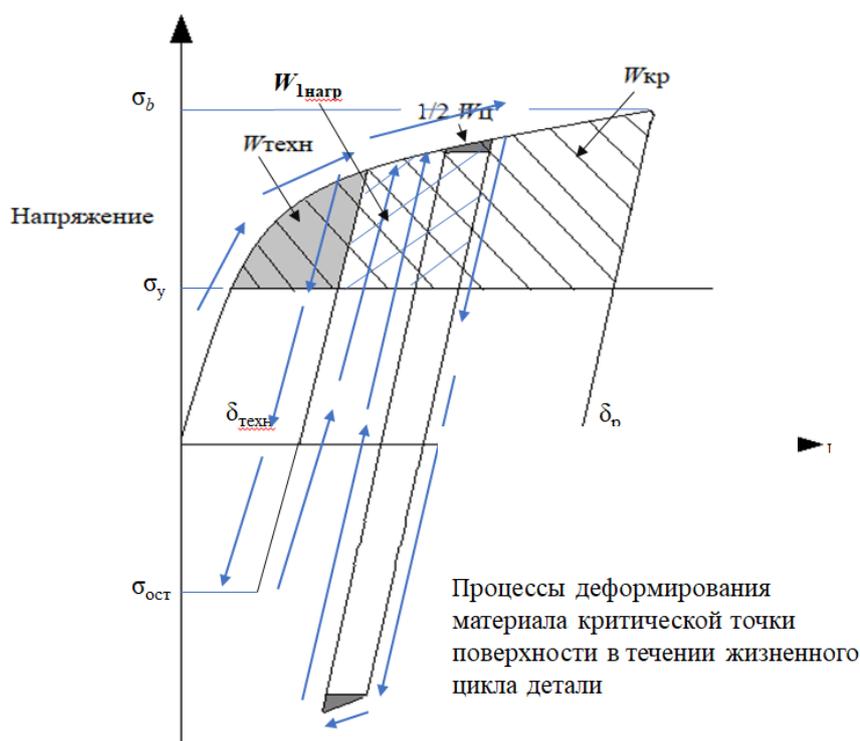


Рис.1 – Процессы деформирования материала критической точки поверхности в течение жизненного цикла детали

Из рис. 1 следует условие возникновения трещины МЦУ (1):

$$W_{кр} = W_{техн} + W_{нагр} + N \cdot W_{ц}, \quad (1)$$

где $W_{кр}$ – критическая величина удельной диссипации энергии деформирования (при израсходовании которой, образуется трещина); $W_{техн}$ – энергия, израсходованная в процессе изготовления, формирования поверхностного слоя детали; $W_{нагр}$ – энергия, израсходованная

при первом нагружении конструкции; N – количество циклов нагружения до разрушения; $W_{\text{ц}}$ – энергия, расходуемая в каждом последующем цикле нагружения.

Основанием для такого утверждения, кроме универсальности и физической обоснованности такого подхода, является использование скалярной величины – энергии в отличие от использования характеристик, связанных с напряжениями и деформациями, имеющих тензорную сущность.

Выполнено (на базе моделирования реальных процессов испытаний стандартных образцов с концентраторами напряжений) сравнение работы двух расчётно-аналитических методов оценки долговечности с расчётно-экспериментальными кривыми МЦУ.

Показаны зоны (по значению разрушающей долговечности), в которых оптимально использование анализируемых методик оценки циклической долговечности.

Подтверждена удовлетворительная работа деформационно-энергетического метода анализа долговечности в зоне нагрузок, обеспечивающих циклическое пластическое деформирование материала, соответствующих долговечностям, не превышающим 8 -10 тыс. циклов. Полученная расчётная кривая сопротивления усталости проходит вблизи аппроксимирующей кривой МЦУ образцов.

Подтверждена удовлетворительная (обычно в запас по разрушающей долговечности) работа модифицированного уравнения Мэнсона-Коффина, рекомендованного Нормами прочности ЦИАМ [1]. Расчётная кривая практически не выходит из зоны отклонения -3σ от аппроксимирующей кривой МЦУ образцов.

Показана возможность обоснованного использования испытаний на МЦУ образцов с концентраторами напряжений при мягком нагружении для дополнения или построения необходимого семейства кривых сопротивления МЦУ или поверхности предельных состояний, при жёстком нагружении в соответствии с Нормами прочности ЦИАМ.

Список литературы

1. Авербах Б.Л. Некоторые физические аспекты разрушения. Разрушение. Микроскопические и макроскопические основы механики разрушения. – М.: Мир, 1973. 605 с.
2. Ануров Ю.М., Федорченко Д.Г. Основы обеспечения прочностной надёжности авиационных двигателей и силовых установок. – СПб.: Изд-во СПбГПУ, 2004. 390 с.

Сведения об авторе

Кочерова Евгения Евгеньевна, аспирант. Область научных интересов: динамика и прочность деталей ГТД, циклическая долговечность деталей с остаточными напряжениями.

CALCULATION AND EXPERIMENTAL AND CALCULATION AND ANALYTICAL APPROACHES TO ANALYSIS CYCLIC DURABILITY OF MACHINE PARTS

Kocherova E.E.

Samara National Research University, Samara, Russia, kocherova_2020@mail.ru

Keywords: durability, strength, low-cycle fatigue, damage, materials science, Manson-Coffin equation, experiment, deformations, stresses

One of the most important processes, along with increasing product reliability, is also reducing costs at all stages of the life cycle. In particular, modern design packages make it possible to reduce the time for making changes to the design, coordinating models, developing manufacturing technology. This paper describes the computational and experimental methods for predicting the effect of technological heredity on the durability of machine parts at the stage of designing engine parts; the introduction of these approaches will significantly reduce the number of full-scale tests of parts.