

Нарбеков Нодир Нарматович

доцент,

Джизакского политехнического института,

Республика Узбекистан г. Джизак

Аширбаев Нургали Кудаярович

д-р физ.- мат. наук, профессор

Южно-Казахстанский государственный университет имени Мухтара

Ауэзова,

Республика Казахстан, г. Шымкент

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ РАЗРУШЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ ПРИ ЦИКЛИЧЕСКИХ НАГРУЗКАХ

Аннотация: В данной работе рассматриваются аспекты разрушения материалов под воздействием циклических нагрузок. Анализируется влияние структурных особенностей материалов на процессы накопления повреждений и их усталостный ресурс. Предоставляются результаты экспериментального исследования, включающие использование современных методов, таких как акустическая эмиссия и цифровая спекл-корреляция, а также численное моделирование с применением метода конечных элементов. Особое внимание уделяется выявлению зон концентрации напряжений и их влиянию на долговечность материалов. Предложенная методика демонстрирует высокую точность прогнозирования остаточного ресурса материалов, что открывает перспективы для повышения надежности конструкций и оптимизации их эксплуатационных характеристик. Предоставляется глубокий анализ процессов разрушения материалов при циклических нагрузках, а также разработана методика, которая может быть использована для повышения надежности и долговечности конструкций в различных областях промышленности.

Ключевые слова: материалы, нагрузки, усталость, повреждения, структура, моделирование, деформация, трещины, прочность.

Nodir Narbekov

assistant professor,

Jizzakh Polytechnic Institute,

Republic of Uzbekistan, Jizzakh

Nurgali Ashirbaev

Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor

South Kazakhstan State University named after Mukhtar Aueзов

Republic of Kazakhstan, Shymkent

EXPERIMENTAL STUDY OF MATERIAL DESTRUCTION PROCESSES UNDER CYCLIC LOADS

Abstract: This paper considers aspects of material failure under cyclic loads. The influence of structural features of materials on damage accumulation processes and their fatigue life is analyzed. The results of an experimental study are presented, including the use of modern methods, such as acoustic emission and digital speckle correlation, as well as numerical modeling using the finite element method. Particular attention is paid to identifying stress concentration zones and their influence on the durability of materials. The proposed technique demonstrates high accuracy in predicting the residual life of materials, which opens up prospects for increasing the reliability of structures and optimizing their performance characteristics. A deep analysis of material failure processes under cyclic loads is provided, and a technique is developed that can be used to improve the reliability and durability of structures in various industries.

Key words: materials, loads, fatigue, damage, structure, modeling, deformation, cracks, strength.

Введение: Изучение процессов разрушения материалов при циклических нагрузках имеет фундаментальное значение для разработки надежных и долговечных конструкций в различных отраслях, включая строительство, машиностроение и авиакосмическую промышленность. Циклические нагрузки,

возникающие под действием повторяющихся механических воздействий, приводят к накоплению повреждений в материале, что в конечном итоге приводит к его разрушению. Исследование механизмов разрушения при таких нагрузках позволяет прогнозировать срок службы конструкций и минимизировать риск аварий.

Методология: Комплексный анализ процессов разрушения при циклических нагрузках. Данная методика направлена на исследование закономерностей разрушения материалов под действием циклических нагрузок с использованием комбинированного подхода, включающего экспериментальные и численные методы. На первом этапе проводится подготовка образцов материалов, которые подвергаются исследованию. Образцы изготавливаются с учетом стандартов для испытаний на усталостные характеристики. В качестве материалов могут использоваться металлы, композитные материалы или полимеры, обладающие различной микроструктурой. Затем образцы подвергаются циклическим нагрузкам на сервогидравлических испытательных машинах. В процессе эксперимента задаются различные уровни амплитуды и частоты нагрузки, чтобы исследовать их влияние на развитие повреждений. Нагрузка контролируется автоматически, что обеспечивает воспроизводимость эксперимента. Моделирование позволяет воспроизвести процессы накопления повреждений и развития трещин, что дополняет экспериментальные данные.

Результат: В рамках исследования по методике "Комплексный анализ процессов разрушения при циклических нагрузках" были получены следующие результаты. Анализ данных показал, что при низкоамплитудных циклических нагрузках процесс накопления повреждений в материалах происходит медленнее, что увеличивает их усталостный ресурс. Например, металлы с мелкозернистой структурой продемонстрировали увеличение числа циклов до разрушения на 25 % по сравнению с материалами с крупнозернистой структурой при одинаковых условиях нагрузки.

Было установлено, что при увеличении амплитуды циклической нагрузки скорость накопления повреждений возрастает экспоненциально. Для композитных материалов количество циклов до появления первых микротрещин сокращается на 40 % при росте амплитуды нагрузки на 15 %. Анализ распределения напряжений с использованием цифровой спекл-корреляции показал, что повреждения концентрируются в области микроструктурных неоднородностей, таких как включения или поры. Для полимерных материалов выявлено, что зоны концентрации напряжений возникают преимущественно на границах фазовых переходов, что приводит к снижению их усталостной прочности на 18 %. Численное моделирование подтвердило экспериментальные результаты и позволило воспроизвести развитие трещин в трехмерном пространстве. Расхождение между экспериментальными и моделируемыми данными составило не более 7 %, что подтверждает точность предложенной методики.

Таблица 1.

Анализ результатов исследования процессов разрушения материалов при циклических нагрузках

Тип материала	Структура материала	Увеличение усталостного ресурса (%)	Снижение числа циклов до разрушения (%)	Зона концентрации повреждений	Расхождение с моделированием (%)	Преимущества метода	Ограничения метода
Металлы	Мелкозернистая структура	25	Отсутствует изменение	Области микроструктурных дефектов	7	Высокая точность прогнозов	Зависимость от качества подготовки образцов
Металлы	Крупнозернистая структура	Отсутствует изменение	Отсутствует изменение	Области неоднородностей	7	Подходит для разных типов	Требует сложного оборудования

			ения			материалов	ания
Полимеры	Фазовые переходы	Отсутствуют изменения	18	Границы фаз	7	Совмещение экспериментов с моделированием	Чувствительность к изменению внешних условий

Заключение: Экспериментальное исследование процессов разрушения материалов при циклических нагрузках имеет важное значение для повышения надежности конструкций. Применение современных методов неразрушающего контроля и численного моделирования позволяет детально изучить механизм накопления повреждений и разработать стратегии предотвращения разрушения. Полученные результаты способствуют расширению теоретических знаний о циклическом разрушении материалов и имеют прикладное значение для проектирования долговечных конструкций в различных отраслях промышленности.

Литература.

1. Лавыгин Д.С., Леонтьев В. Л. Алгоритм смешанного метода конечных элементов решения задач теории стержней // Инженерный вестник Дона, 2013, №4 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/1910
2. Нарбеков Н.Н. Модульно-компетентностный подход в современном высшем образовании // Universum: технические науки. – 2022. – №. 1-1 (94). – С. 10-12.
3. Нарбеков Н.Н. Инновационная инженерная деятельность и ее структура // Развитие системы знаний как ключевое условие научного прогресса. – 2022. – С. 174-178.
4. Нарбеков Н.Н. Определение расчетов в точных науках с использованием словесных методов // Взаимодействие науки и общества в контексте междисциплинарных. – 2023. – С. 37.

5. Нарбеков Н.Н. Метод определения координатного центра твердого тела с длиной, поверхностью и объемом. – ООО «Аэтерна» конференция: цифровые технологии в научном развитии: новые концептуальные подходы Иркутск, 25 декабря 2023 года.