ПРОГНОЗИРОВАНИЕ И МОНИТОРИНГ ПРЕДЕЛЬНЫХ СОСТОЯНИЙ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ТРАЕКТОРИЯХ ЦИКЛИЧЕСКОГО НАГРУЖЕНИЯ ПО ПАРАМЕТРАМ АКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ (ДОКТОРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ)

Сысоев Олег Евгеньевич

Комсомольский-на-Амуре Государственный Технический Университет

Подавляющее большинство зданий, сооружений, сосудов и трубопроводов высокого давления, машин и механизмов испытывают циклические знакопеременные нагрузки. Анализ произошедших в 2000-2012 году внезапных разрушений зданий, сооружений, дорогостоящих систем и механизмов на территории Российской Федерации и за рубежом, говорит о том, что за почти 200 лет широкомасштабных исследований усталости, как на микроскопическом, так и макроскопическом уровне проблему гарантированного прогнозирования длительной прочности материалов и конструкций решили не в полной мере. Регулярная повторяемость аварий с одинаковыми причинами указывает на необходимость поиска новых подходов и методов прогнозирования длительной прочности с учетом степени повреждений структуры конструкционных материалов при изготовлении деталей, а также постоянного мониторинга особо ответственных деталей конструкций и машин. Для металлических конструкций может быть применим достаточно изученный метод акустической эмиссии, позволяющий диагностировать состояние материала на любой стадии эволюции, и что особенно важно, в динамике процесса нагружения.

В представляемой работе разработаны критерии, позволяющие по фрактальной размерности арттрактора сигналов акустической эмиссии оценить уровень и масштаб диссипативных процессов, происходящих в микроструктуре материалов. Зная степень деградации структуры конструкционного материала можно прогнозировать остаточный ресурс деталей машин и конструкций с учетом траектории (формы цикла и вида напряженно-деформированного состояния) циклического нагружения, как на начальных этапах нагружения (в т.ч. при изготовлении деталей), так и в процессе их эксплуатации.

Учитывая, что циклические нагрузки в процессе эксплуатации нестабильны и возможны непредсказуемые перегрузки, а также возникновение неблагоприятных условий работы конструкций, что говорит о необходимости постоянного мониторинга особо ответственных деталей конструкций и машин. Естественно мониторингу нужно подвергать наиболее ответственные узлы несущих конструкций, детали механизмов, трубопроводы и сосуды

высокого давления, особенно расположенные в недоступных для визуального осмотра местах. Для этого автором разработана методика и критерии мониторинга предельных состояний несущих конструкций, создано зарегистрированное программное обеспечение, позволяющее осуществлять on-lain мониторинг.

Разработан на уровне изобретений ряд устройств, где нашли применение выше обозначенные методики и критерии, показывающие практическую значимость данной работы.

Научная новизна и значимость работы состоит в следующем:

-разработана методология и критерии прогнозирования длительной прочности материалов при воздействии циклических нагрузок с учетом анализа фрактальной размерности сигналов акустической эмиссии;

-разработана методология и новые критерии мониторинга предельных напряженно-деформированных состояний конструкционных материалов по параметрам акустической эмиссии;

-разработана модель эволюции структуры конструкционных материалов при воздействии циклических нагрузок с учетом образования диссипативных структур на соответствующих мезомасштабных уровнях потери сдвиговой устойчивости с обоснованием информативности изменения фрактальной размерности сигналов акустической эмиссии;

-разработан комплекс программ для ПЭВМ способных решать следующие задачи: задавать любую траекторию циклического нагружения; вести непрерывную запись сигналов акустической эмиссии; проводить анализ параметров акустической эмиссии для прогнозирования и выявления предельных напряженно-деформированных состояний материалов в соответствии с заданными критериями; проводить мониторинг предельных состояний конструкционных материалов в режиме реального времени;

-разработан метод идентификации механизмов разрушения конструкционных материалов по фрактальным характеристикам сигналов акустической эмиссии при малоцикловом нагружении;

-установлен нелинейный характер зависимости дефектности структуры конструкционных материалов, определяемой по параметрам сигналов акустической эмиссии в первом полуцикле нагружения, и длительной прочностью деталей машин и механизмов;

-получена прогнозная поверхность предельного состояния материала, построенная в зависимости длительной прочности конструкционного материала от вида напряженного состояния и скорости изменения фрактальной размерности сигналов акустической эмиссии для определенной формы цикла и интенсивности изменения напряжений;

Результаты работы отражены в 14 статях в рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК, 3-х монографиях, 5-ти патентах на интеллектуальную собственность, 6-ти свидетельствах о регистрации компьютерных программ.