

УДК 531.12

**А.В. Неменко, доцент, канд. техн. наук***Севастопольский национальный технический университет**ул. Университетская 33, г. Севастополь, Украина, 99053**E-mail: root@sevgtu.sebastopol.ua***ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ СУДОВЫХ МЕХАНИЗМОВ**

*Предлагается методика оценки технического состояния элементов механических систем судовых механизмов.*

**Ключевые слова:** безотказная работа, оперативный контроль, напряженно-деформированное состояние.

Техническое состояние судовых машин и механизмов определяет их уровень безопасной эксплуатации и является актуальной задачей. Оценка безотказной работы механизмов основана на аналитико-экспериментальных методах и учитывается при проектировании. Качественное управление эксплуатацией механических систем базируется на количественной оценке их свойств при обосновании выбранных критериях. Однако проектное решение не всегда является гарантией безопасной работы судового механизма, что определяет необходимость периодического или постоянного контроля слабых звеньев, узлов их соединений и агрегатов в целом.

С целью оценки технического состояния судового нагнетателя разработан экспертно-диагностический комплекс, созданный по модульному принципу, с адаптацией к различным условиям эксплуатации. Входной модуль служит для обработки и анализа информации, поступающей с контрольных датчиков, и передачи ее в управляющий модуль. В управляющем модуле принимаются решения и вырабатываются рекомендации дальнейшей эксплуатации нагнетателя.

Датчики контроля напряженно-деформированного состояния устанавливаются в опасных зонах, выявленных на стадии проектирования. В случае, когда в проектировании при оценке прочности использовался метод конечных элементов, датчики ставятся в узлах контакта элементов разбоя. Перемещения в узлах контакта аналитически определяются матричным исчислением с применением подпитывающих матриц, которые отражают динамику реконструкции состояния объекта при силовых воздействиях.

Материал детали предполагался изотропным и работающим в области упругих деформаций. Внутри каждого элемента смещения являются линейными функциями координат в принятой системе. Использование матрицы плоской задачи теории упругости и матриц плоской задачи изгиба жестких пластин позволяет установить связь между реакциями в узлах и перемещениями в них.

Чувствительность детали к усталостным повреждениям учтено в отдельных матричных показателях, на которые оказывают влияние характеристики поперечных сечений, так как усталостные повреждения зарождаются внутри объема в подповерхностных слоях, а на поверхность выходят уже в критической фазе.

Развивающийся дефект в твердом нагружаемом теле рассматриваем как свободные колебания полости в сжимаемой среде. Частота таких колебаний является величиной комплексной, вещественная часть которой определяем, приравнявая к нулю импеданс поверхности полости, а мнимая часть равна коэффициенту затухания собственных колебаний полости.

Точку разрыва сплошности устанавливаем решением частотных уравнений с учетом свойств среды распространения энергетических импульсов, когда знаменатель аргумента обращается в ноль. Частота колебаний полости в твердом теле производилась исследованием уравнений собственных колебаний в полости дефекта.

Собственные частоты твердой сферы, ограниченной абсолютно жесткой сферической границей, получаем из требования равенства нулю смещения частот на границе. Это позволяет классифицировать дефекты по частотно-амплитудным характеристикам энергетического спектра, выделяя кинематическим анализом критически развивающийся дефект.

Совокупность энергетических импульсов есть величина переменная. Поэтому анализ кинетики деформаций произведен с учетом переходных процессов напряженно-деформированного состояния детали. Энергетический импульс рассматриваем как временной ряд последовательных значений измеряемых параметров деформации, образующих упорядоченную последовательность  $x(t_1), x(t_2), \dots, x(t_n)$ .

Отрезок временного ряда является выборочной реализацией из бесконечного множества моментов времени  $t$  и бесконечного множества  $x(t)$ . Полагаем, что кинетика повреждаемости структуры материала детали, работающей в режиме реальных нагрузок, носит стохастический характер. Это позволяет применить законы статистического анализа.

Для оценки технического состояния механических элементов судового нагнетателя определяется соотношение амплитудно-частотных характеристик энергетических колебаний и деформации среды с последующим введением имитирующей модели в исследовательский комплекс. Критичность элемента устанавливается использованием критерия «min-max» с последующим анализом интенсивности излучения, свидетельствующей о величине дефекта и кинематике его развития.

Расположение разрывов сплошности твердой среды устанавливаем координатным способом по запаздыванию сигнала излучения, полученного с датчиков контроля. Полученную картину напряженно-деформированного состояния исследуемого объекта сопоставляем с расчетной и производим оценку технического состояния нагнетателя. На рисунках 1 и 2 соответственно представлены экспериментальные и расчетные значения напряжений.

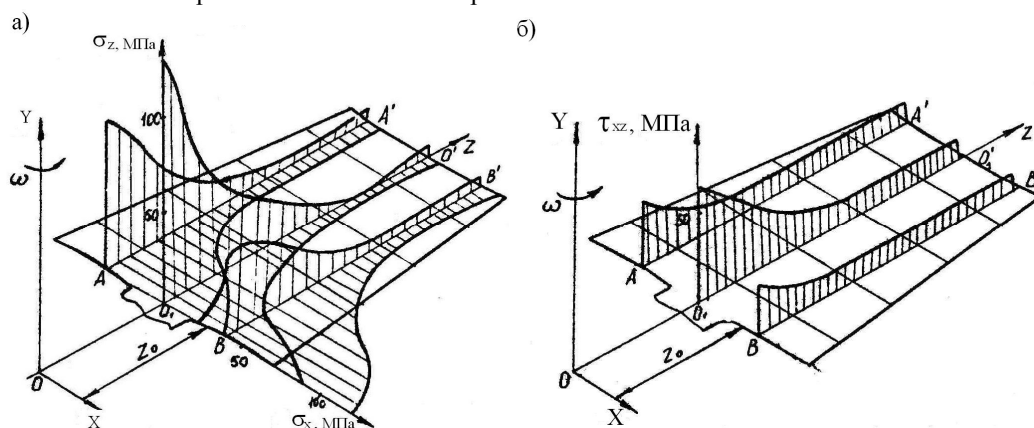


Рисунок 1 – Экспериментальные значения напряжений:

а) нормальных  $\sigma_x$  и  $\sigma_z$ ; б) касательных  $\tau_{xz}$

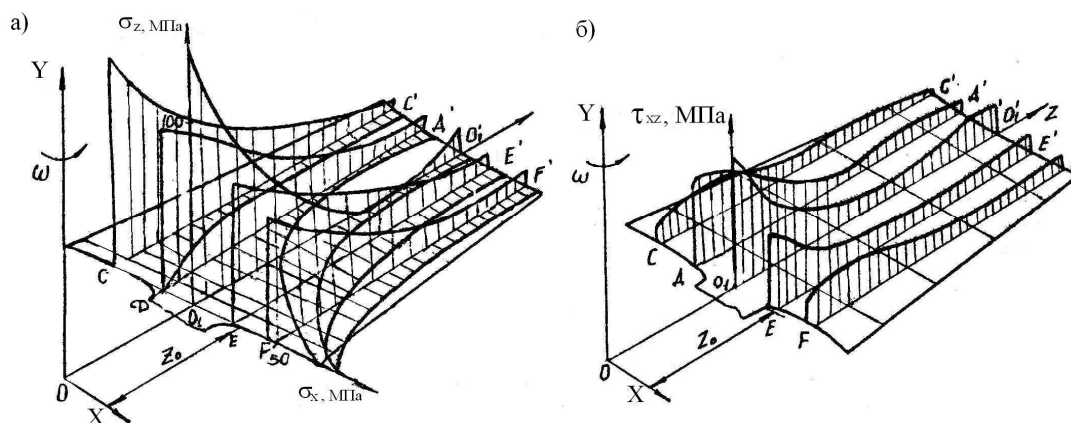


Рисунок 2 – Расчетные значения напряжений:

а) нормальных  $\sigma_x$  и  $\sigma_z$ ; б) касательных  $\tau_{xz}$

Изложенная концепция прочностной оценки деформируемых твердых тел предполагает прогноз развития дефектности объекта по диагностическому сигналу в реальном времени. На рисунке 3 изображена кинетика развития трещины при циклическом нагружении, а на рисунке 4 – кинетика изменения энергетического сигнала с датчика

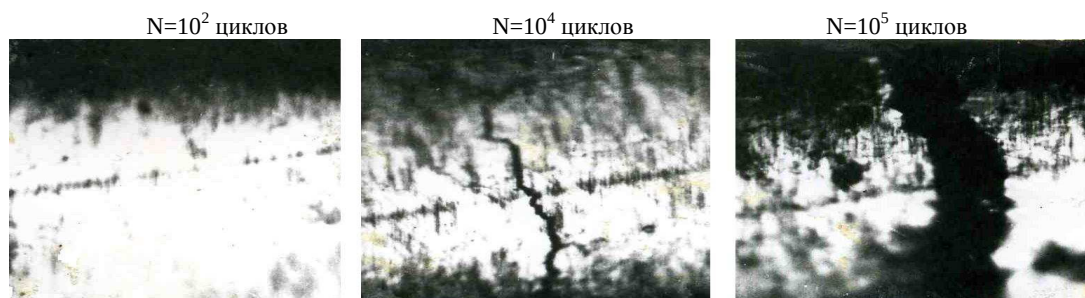


Рисунок 3 – Кинетика развития трещины при циклическом нагружении ( $\sigma = 380$  МПа)

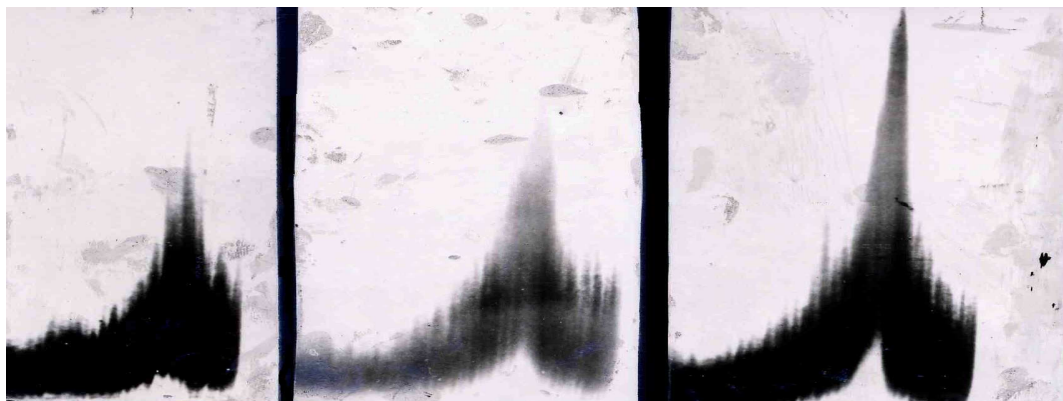


Рисунок 4 – Кинетика изменения энергетического сигнала с датчика

Функционирование информационной системы основано на классификации состояний путем отбора и упорядочения признаков. Алгоритмы последовательного исключения признаков приводят к тому, что исходное состояние объекта проецируется на подпространства меньшей размерности, при этом наиболее информативные направления при изменении признаков в исходном пространстве и степень пересечения классов в подпространствах, т.е. это представление объекта с распределенными параметрами, на основании алгоритмов, которые применяют случайный поиск с учетом теории инвариантности.

Прогнозное состояние на предпредельной стадии описывается либо функционально, либо оперативным контролем измеряемой величины. Система контроля и оценки технического состояния нагнетателя позволяет проводить шаговый и интегральный анализ в реальном времени

Изложенная выше методика апробирована на элементах судовых нагнетателей. Результаты наблюдений позволили оценить варианты их безаварийной эксплуатации, а также предкритическое состояние элементов конструкции и предсказать отказы в работе.

Дальнейшие исследования связаны с совершенствованием данной методики.

*Поступила в редакцию 8.06.2010 г.*