

Тиц С.Н., Коптев А.Н., Киселёв Ю.В., Манчук Р.И.

### **МЕТОДИКА ВЫЯВЛЕНИЯ ДЕФЕКТОВ СОТОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ, ОСНОВАННАЯ НА ВЕЙВЛЕТ-АНАЛИЗЕ ВИБРОСОСТОЯНИЯ**

Выбор стратегии и методов диагностирования узлов и агрегатов определяется рядом факторов. Первостепенное значение имеет конечная цель диагностирования, которая зависит, прежде всего, от того, на каком этапе жизненного цикла определяется техническое состояние объекта контроля: производства, эксплуатации или ремонта.

На этапе эксплуатации наиболее эффективен периодический контроль представительных характеристик технического состояния с целью своевременного обнаружения зарождающихся дефектов, выявления причины и места возникновения дефекта, оценки тенденции изменения технического состояния и срока проведения ремонтных работ. При этом для формирования диагностических признаков применяют тонкие методы анализа виброакустических процессов [1].

Именно периодический индивидуальный контроль на основе краткосрочного прогнозирования изменений виброакустических характеристик даёт наибольший эффект при диагностировании уникальных, дорогостоящих или связанных с безопасностью людей объектов, так как между отдельными экземплярами однотипных агрегатов существует достаточно большой разброс характеристик, обусловленный разбросом качества изготовления, сборки и условий эксплуатации.

Суть предлагаемого метода состоит в том, что в процессе жизненного цикла объекта через определённые интервалы времени имитируются тестовые динамические воздействия в его контрольных точках, позволяющие по откликам конструкции на эти возбуждения судить о наступлении с течением времени предотказного состояния.

Так у СК при действии на них гармонических возбуждений в некотором частотном диапазоне из-за накопления в процессе эксплуатации повреждений (появления зон «непроклея») происходит изменение жёсткостных характеристик конструкции. Кроме того, при этом наблюдается фиксируемый датчиками явный дрейф частот резонансных явлений, что в совокупности с применением вейвлет-преобразования для анализа полученного отклика конструкции позволяет сформировать критерий оценки предотказного состояния объекта и сделать прогноз на период эксплуатации до следующей проверки [2]. В качестве базовых амплитуды и частоты резонанса для оценки технического состояния могут быть успешно использованы расчётные значения или значения, замеренные и сохраняемые для каждого устройства перед началом его эксплуатации. Расчёт-

ные значения могут быть получены как с применением модели, построенной при помощи теории колебаний, так и конечно-элементной модели.

При этом на основании совокупности информации об объекте ставится задача экстраполировать его поведение в будущем и установить оптимальный момент для проведения очередной проверки технического состояния (ТС) или прекращения эксплуатации данного объекта.

В основу метода положен анализ свободных колебаний возбуждаемых механическим ударом в контрольных точках (рисунок 1). При этом средствами преобразования и регистрации производится запись сигнала вибрации. Для исключения случайных погрешностей производится серия измерений.

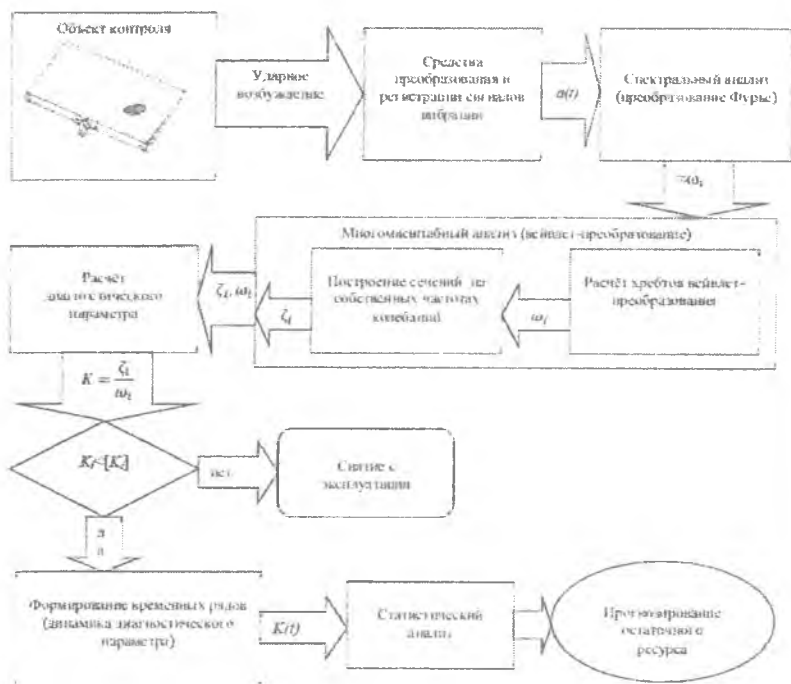


Рис. 1. Алгоритм проведения диагностирования сотовых конструкций

После этого из полученного сигнала при помощи быстрого преобразования Фурье определяются примерные значения собственных частот колебаний. Далее при помощи непрерывного вейвлет-преобразования производится определение достаточно точных значений модальных параметров на собственных частотах колебаний [3]. По

найденным значениям собственных частот колебаний и коэффициентов демпфирования производится расчёт диагностического параметра.

Как показывают исследования [3], при появлении отслоений в сотовых конструкциях коэффициент демпфирования  $\zeta_i$  будет увеличиваться, а собственная частота колебаний  $\omega_i$  снижаться. Следовательно, целесообразно для оценки технического состояния использовать комплексный параметр, который можно записать в виде

$$K = \sum_{i=1}^n \frac{\zeta_i}{\omega_i}$$

где  $i = \overline{1, n}$  – номер моды собственных колебаний. Критерием оценки состояния СК будет являться превышение данным параметром максимально допустимой величины:

$$K < [K],$$

где  $[K]$  – максимально допустимое значение комплексного параметра.

Преимуществом данного параметра является то, что имеется возможность добиться необходимой чувствительности параметра к дефекту, варьируя набор мод, используемых при расчёте.

Полученное значение параметра сравнивается с максимально допустимой величиной для данной конструкции. В случае превышения экспериментально полученным значением диагностического параметра максимально допустимой величины объект контроля снимается с эксплуатации. При выполнении условия безотказной работы выполняется занесение полученного значения диагностического параметра в базу данных, с целью получения динамики его изменения с наработкой. После этого выполняется статистический анализ и определяется наработка изделия до следующей проверки [4].

Проведена экспериментальная оценка стабильности диагностического параметра при измерении сигналов вибрации в различных точках конструкции спойлера, а также чувствительности метода к максимально допустимой величине отслоения.

Экспериментальная отработка методики подтвердила высокую чувствительность метода при диагностировании повреждений сотовых конструкций без съёма объекта контроля с крыла.

#### Библиографический список

1. Лундберг Б.К. Срок службы самолётных конструкций, определяемый усталостной прочностью [Текст]/Б.К. Лундберг//Сб. «Усталость самолётных конструкций». Пер. с англ. – М.: Оборонгиз - 1961.
2. Шаняевский А.А. Безопасное усталостное разрушение элементов авиаконструкций.

Синергетика в инженерных приложениях [Текст]/А.А. Шанявский. – Уфа: Монография - 2003.-803 с.

3. Гайдено В.С. Основы построения автоматизированных систем контроля сложных объектов [Текст]/В.С.Гайдено. – М.:Энергия - 1969.- 238с.
4. Добеши, И. Десять лекций по вейвлетам [Текст]/И. Добеши.— Ижевск, НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика».- 2001.- 464 с.