

*Вартамян В.М., Романенков Ю.А., Кащева В.Ю.*

*Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского "ХАИ", Харьков, Украина*

## **Применение средств сингулярного анализа в задачах виброакустической диагностики авиационных двигателей**

При производстве, испытании и эксплуатации авиационных двигателей возникают задачи по выявлению источников и причин появления вибраций. В современных условиях они решаются путем измерения уровня шума и вибраций на разных режимах работы двигателя с последующим анализом измеренных сигналов. Особенностью этих задач является высокая частота съема и записи сигнала (около 11 кГц), большой объем выборки (длина временного ряда измеряется сотнями тысяч точек), а также заранее неизвестный уровень зашумленности сигнала. При анализе вибрационных характеристик двигателей традиционно используется разложение сигналов в ряд Фурье. Однако, наряду с традиционными методами анализа, перспективным является современный интерактивный метод анализа "Гусеница-SSA" (спектральный сингулярный анализ). Так, например, программное средство CaterpillarSSA 3.30 реализует следующие возможности:

- Удобное графическое представление для интерактивной идентификации собственных троек, соответствующих тренду, периодическим (циклическим) компонентам и шуму.
- Восстановление (извлечение) компонент временного ряда выбором собственных троек.
- Возможность периодограммного анализа временных рядов.
- Аппроксимация (локальная и глобальная) временного ряда рядом, управляемым ЛРФ (линейной рекуррентной формулой).
- Возможность анализа рекуррентной формулы, используемой для прогноза.
- Обнаружение разладки путем сравнения структуры, обнаруженной методом "Гусеница-SSA" на базовом и тестовом участках.

В ходе виброанализа двухвального ГТД Д-136 с помощью этого метода были выявлены следующие особенности:

- большая длина ряда (около 800000 точек) не позволяет использовать теоретически оптимальные настройки метода, тем самым вызывает необходимость разработки обоснованной стратегии анализа ряда (например, разделение на фрагменты, анализ с использованием разной длины окна и т. п.);
- "Гусеница-SSA", в отличие от метода Фурье, позволяет выявить фрагменты с высоким уровнем зашумленности (сбои в процессе измерения, наложения сигналов на переходных режимах и т. д.);
- на этапе анализа корней ЛРФ, управляющей рядом, возможна оценка степени затухания гармонических составляющих, что позволяет диагностировать состояние некоторых узлов и агрегатов (старение, износ и т. п.);
- в случае единичных пропусков во временном ряду данных, метод "Гусеница-SSA" позволяет с достаточно высокой точностью восстанавливать пропущенные значения сигнала;
- форма представления результатов анализа обладает большей информативностью, чем традиционный спектральный анализ;
- сравнение данных анализа, полученных для одного и того же двигателя (агрегата) с различным остаточным ресурсом, позволяет производить диагностику по техническому состоянию с прогнозированием тенденций выработки его узлов и деталей, идентифицируемых по их характерным частотам и амплитудам.