

УДК 629.735.083.02/03

**Ф.И. МУХУТДИНОВ<sup>1</sup>, А.Л. ПОЛЯНИН<sup>1</sup>, В.Л. СТУПНИКОВ<sup>1</sup>, С.Ф. МИНАЦЕВИЧ<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Открытое акционерное общество "Авиадвигатель", Россия*

<sup>2</sup>*Пермский государственный технический университет, Россия*

## **ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ДВИГАТЕЛЯ ПС-90А ПО ПАРАМЕТРАМ ВИБРАЦИИ**

Рассматривается алгоритм анализа вибрационных характеристик двигателя, основанный на контроле изменения в эксплуатации виброскоростей двигателя ПС-90А по частотам вращения роторов вентилятора и КВД в определенной полосе частот.

**диагностика состояния, полетная информация, частота вращения роторов, вибрационные характеристики**

### **Введение**

Переход на стратегию эксплуатации авиационных газотурбинных двигателей (ГТД) по техническому состоянию выдвигает необходимость применения наиболее эффективных методов и средств контроля и диагностики, позволяющих выявлять неисправности на ранней стадии их развития.

### **1. Постановка задачи**

Система контроля и диагностики двигателя ПС-90А состоит из бортовых систем контроля, наземных систем автоматизированной обработки и анализа полетной информации, наземных средств неразрушающего контроля основных деталей газоздушного тракта и контроля продуктов износа, содержащихся в масле.

Наиболее перспективными и информативными, позволяющими с минимальными затратами и максимальной достоверностью контролировать техническое состояние и работоспособность двигателя, являются параметрические методы.

Двигатель ПС-90А обладает повышенной по сравнению с другими отечественными и зарубежными двигателями контролепригодностью (на бортовом накопителе регистрируется порядка 30 параметров и 310 аварийных, предупредительных, отказных и информационных сигналов). Разработанное в настоящее время алгоритмическое и про-

граммное обеспечение, реализованное в автоматизированных системах диагностической обработки полетной информации "АСД-Диагноз-90" и "СДД-96", позволяет обеспечить сопровождение эксплуатации двигателя ПС-90А по стратегии № 2.

В авиации задачам вибрационного контроля состояния двигателя традиционно уделяется повышенное внимание. Количество методов и подходов решения задач с каждым годом растет, но до настоящего момента не создано универсального.

Одним из широко применяемых в авиации подходов является получение и интерпретация вибрационного «портрета» жизненно важной части самолета – его двигателя. «Портрет» получается путем снятия вибрационных характеристик двигателя штатными датчиками вибрации.

### **2. Алгоритм анализа**

Для повышения достоверности процесса диагностики с использованием бортовой аппаратуры следящего контроля вибрации предлагается следующий алгоритм анализа вибрационных характеристик двигателя.

1. Из спектра вибрации вырезается полоса, пропорциональная частоте вращения роторов вентилятора и КВД. Ширина полосы составляет, примерно, 3% по частоте. Построенные при этом зависимости вибрационного спектра по частоте вращения роторов вентилятора и КВД представляют собой частот-

ные характеристики вибрационного состояния двигателя  $V_{ВРК}$ ,  $V_{КВДРК}$ ,  $V_{ВЗП}$ ,  $V_{КВДЗП}$ , которые характерны для конкретного двигателя.

2. После первого полета самолета можно построить в виде графиков значения вибрации от частоты вращения ротора вентилятора и ротора КВД.

3. Далее, методом наименьших квадратов находят так называемые «средние» линии для каждого из графиков  $V_{ВРК}$ ,  $V_{КВДРК}$ ,  $V_{ВЗП}$ ,  $V_{КВДЗП}$ .

«Средняя» линия соответствует линейной функции

$$y = a + bx,$$

где  $b = \operatorname{tg}\alpha$ .

На рис. 1 приведен пример графика зависимости вибрации от частоты вращения КВД.

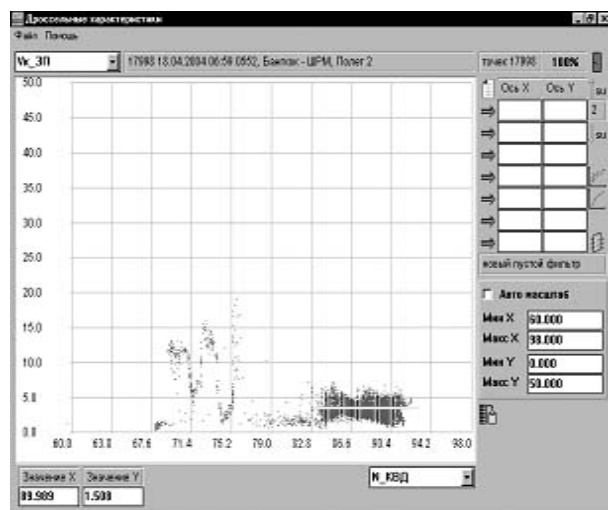


Рис. 1. Изменение виброскорости на задней подвеске по частоте вращения ротора КВД (2СУ)

Наибольший интерес представляет изменение угла  $\alpha$  между «средней» линией и осью абсцисс, который характеризует изменения в состоянии двигателя. Также интерес может представлять изменение «совместного» угла, полученное путем сравнения графиков за один полет.

4 В последующие полеты строятся аналогичные зависимости  $V_{ВРК}$ ,  $V_{КВДРК}$ ,  $V_{ВЗП}$ ,  $V_{КВДЗП}$ . Сравнивая полученные характеристики изменения вибрации

первого полета с последующими полетами, определяют изменение угла  $\alpha$ .

На рис. 2 приведен пример графика зависимости вибрации от частоты вращения КВД двигателя, имеющего дефекты.

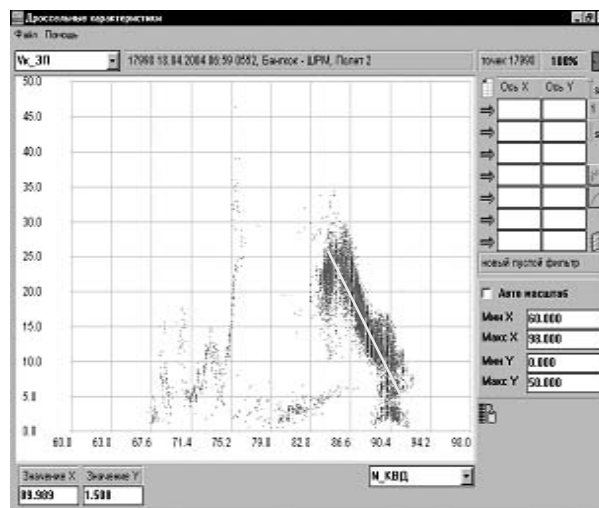


Рис. 2. Изменение виброскорости на задней подвеске по частоте вращения ротора КВД двигателя (1СУ), имеющего дефекты

## Заключение

Наличие большого массива полетной информации позволяет определить пределы  $\alpha$  для исправного двигателя. Имея результаты визуального-оптического контроля проточной части двигателя, результаты параметрической диагностики, осмотров контрольных элементов маслосистемы, результаты спектрального и феррографического анализов масла, сравнивая их с изменением  $\alpha$ , можно установить, при каких значениях  $\alpha$  происходит проявление тех или иных дефектов ГТД. В дальнейшем по результатам дефектации деталей двигателя при его ремонте может быть оценено фактическое изменение их состояния.

*Поступила в редакцию 30.04.2004*

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. В.Г. Августинович, Пермский государственный технический университет, Россия.