

**ВИБРОДИАГНОСТИКА ГАЗОТУРБИННОГО
АВИАДВИГАТЕЛЯ СРЕДСТВАМИ СВЕРХБЛИЖНЕЙ
РАДИОЛОКАЦИИ**

Ф.Н. Мирсаитов, В.В. Болознев

Казанский национальный исследовательский технический университет
им. А.Н. Туполева (КНИТУ – КАИ), г. Казань

Самым динамичным фактором работающей ТЭУ является пламя – поток ионизированного газа; главными энергетическими его параметрами – давление и температура. Однако регистрации этих параметров в динамике ТЭУ препятствует ряд причин. Поэтому внимание разработчиков систем диагностирования привлекают косвенные параметры, статистически взаимосвязанные с основными. В космических двигателях – это электронная концентрация плазмы пламени, а в авиационных – вибрации лопаток турбин и компрессора.

Цель данной работы: выявление свойств и установление диагностической ценности виброоткликов названных и модифицированных СВЧ датчиков на регулярные и аномальные факторы в роторах ГТД.

Диагностический принцип предполагает возбуждение в проточном тракте зондирующего электромагнитного поля (далее ЭМП). Формирование диагностического отклика осуществляется в своего рода полузамкнутой (для ЭМП) «камере», образуемой, например, элементами конструкции первой ступени турбины высокого давления. В продольном по потоку сечении эта «камера» ограничена внешним и внутренним корпусом статора; в поперечном сечении – несколькими движущимися и вибрирующими лопатками соседних: первой, второй ступеней, а также парой лопаток соплового аппарата статора – все это образует полупрозрачные для радиоизлучения диагностическое окно.

В качестве метода исследования выбрано численное электромагнитное моделирование с использованием программного продукта ФЕКО.

Один из методов ФЕКО – метод моментов предусматривает:

- замену металлических элементов эквивалентными электрическими токами;
- «возбуждение» среды в объёме «камеры» этими токами;
- наложение граничных условий;
- разбиение проводящих поверхностей на элементарные площадки, размер которых не превышает $L = \lambda / 8$, где λ – длина волны ЭМП.
- составлением систем линейных уравнений для этих токов;
- решением уравнений.

Таким путём обеспечивается отыскание токов на поверхности антенны (с учётом влияния стенок и окон), затем – комплексного сопротивления антенны и, наконец, комплексного коэффициента отражения. Дальнейшее формирование отклика хорошо известно в ближней радиолокации, состоит в изменении частоты генерации, и вычисляется методами теории колебания.

Выделены и исследованы следующие варианты формирования отклика: элементарный, групповой и аномальный. Аргументом является функция угла поворота ротора. Этот параметр удобен, поскольку легко преобразуется в пространственную или временную координату. Варьируемыми параметрами выбраны зондирующая частота, тип и размеры антенны (ограниченные диаметром смотровых окон), и возбуждающего волновода.

В первом случае смоделировано угловое перемещение лопатки в пределах $\pm 12^\circ$, и вне пределов диагностического окна. Эта ситуация практически нереализуема, но позволяет сопоставить результаты с работой. Главное здесь – различие фазы коэффициента отражения исправной и «закрученной» при вибрации лопаток. Результаты получены при зондирующих частотах 28...48 ГГц, с оптимумом на 37,5 ГГц ($\lambda = 8$ мм).

Во втором случае групповой отклик имитирует в квазистатистическом приближении реальный процесс, когда диагностическое окно «зашторено» группой лопаток, и имеет место малый поворот ротора ($0,25^\circ$).

Третий случай – формирование аномального отклика, позволяет сделать предварительное заключение о контролеспособности предложенного способа диагностики. Здесь диагностический эффект отображён различием трасс (рис. 1). Как при поломке, так и при вибросмещении лопатки эффект наблюдаем.

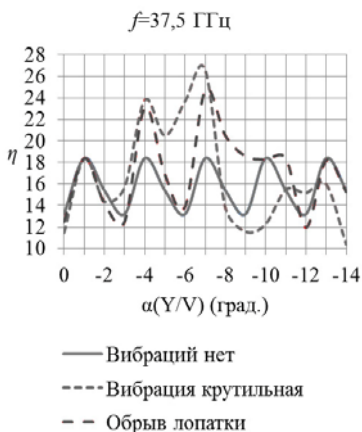


Рис. 1. Фаза коэффициента отражения аномального отклика