

имитировать величину систематической постоянной. После настройки систематической постоянной при различных вариантах измерения производится установка конических колец, которые имеют смещение наружной образующей относительно внутренней поверхности. Установка производится многократно. Многократная установка колец при измерении позволяет имитировать случайную величину и ее рассеивание, как по модулю вектора, так и по угловому положению. Установка нескольких колец позволяет также рассмотреть суммирование случайных величин и определить область рассеивания суммарной составляющей случайного вектора.

Предварительные исследования показали характер изменения закона распределения от величины вклада систематической постоянной в полное поле рассеивания.

Библиографический список

1. Шевелев, А.С. Суммирование производственных погрешностей по предельным значениям их параметров / А.С. Шевелев, Г.П. Федорченко // Изв. вузов. Авиац. техника. 1963. №1 - С. 50-56.

УДК 629.7.03.018

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КРИТИЧЕСКИХ ЧАСТОТ ВРАЩЕНИЯ РОТОРОВ АВИАЦИОННОГО ГТД

Брычева Е.В., Матвеев Е.А., Полубояринова С.А.

ФГУП «Научно-производственный центр газотурбостроения «Салют», г. Москва

ROTOR CRITICAL FREQUENCY IDENTIFICATION FOR AVIATION GAS TURBINE ENGINES

Brycheva E.V., Matveev E.A., Poluboyarinova S.A. Results of computation of critical rotation speed of aviation GTE's rotors are presented in this paper. MD.Patran/Nastran software was used for numerical analysis by FEM. For acceleration of calculation process superelements reductions were used. Obtained results are in good agreement with the experimental data.

Одним из основных требований, предъявляемых к конструкции современного ГТД двигателя, является уменьшение его массы. Это достигается путём уменьшения массы его элементов. Утонение корпусов статорных частей приводит к уменьшению их жесткостей, следствием чего является проявление в рабочем диапазоне большого количества собственных частот, вызывающих повышенный уровень вибраций. Повышенный уровень вибраций проявляется при работе на резонансных режимах, обусловленных проявлением критических частот вращения роторов, что может привести к выходу из строя узлов и агрегатов двигателя и вывода его из эксплуатации.

Одно из основных направлений снижения уровня вибраций, обусловленное прояв-

лением критических частот вращения роторов, является частотная отстройка системы двигателя от диапазона критических скоростей. Для этого производятся расчёты критических скоростей вращения роторов с учётом влияния статорных частей двигателя. При проведении таких расчётах используются численные решения различными методами. Среди многообразия математических методов, используемых при проведении таких исследований, одним из наиболее удобных является метод конечных элементов.

Для расчёта критических частот вращения роторов ГТД в работе был использован МКЭ, реализованный в пакете MD.Nastran и PrePost процессор MD.Patran. Расчётная модель двигателя, помимо роторов высокого и низкого давления включает

себя статорные части (корпусные детали). При проведении расчётов учитывалось влияние гироскопических моментов, для чего использовалась реализованная в пакете процедура Rotordynamics. Высокая степень дискретизации математической модели позволяет создать полноразмерную трёхмерную модель системы "ротор-статор-подвеска" и избежать её излишней идеализации.

Для сокращения расчётного времени на основе роторной и статорной частей модели с использованием метода статического редуцирования создаются суперэлементы.

Полученные результаты качественно описывают картину динамического поведения системы "ротор-статор-подвеска", согласующуюся с экспериментальными данными.

УДК 621.452

ТРЕХМЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ФЛАТТЕРА ЛОПАТОК КОМПРЕССОРОВ СОВРЕМЕННЫХ ГТД

Колотников М.Е.¹, Веденеев В.В.², Макаров П.В.¹

¹ - ФГУП "ММПП "Салют", г. Москва

² - МГУ им. М.В. Ломоносова, г. Москва

NUMERICAL PREDICTION OF BLADE FLUTTER IN MODERN GAS TURBINE ENGINES

Kolotnikov M.E., Vedeneev V.V., Makarov P.V. In practice of Russian gas turbine engines design, typical method of blade flutter prediction is semi-empirical method based on statistics of previous experimental flutter studies. In this paper, a fully numerical method of flutter prediction based on 3-D aerodynamics is developed. Results of calculation are in excellent agreement with the test results of the engine considered.

В настоящее время в практике российского авиадвигателестроения расчетное прогнозирование флаттера лопаток ГТД базируется преимущественно на вероятностно-статистическом подходе, суть которого заключается в обобщении экспериментальных данных методами математической статистики и построении областей флаттера и устойчивости в многомерном пространстве диагностических факторов [1]. Такой подход достаточно хорошо себя зарекомендовал главным образом для схем компрессоров с рабочими лопатками, имеющими антивибрационные полки, для которых накоплен большой объем экспериментальных данных. Однако, в случае его использования применительно к лопаткам широкохордных высоконапорных вентиляторов без бандажных связей между лопатками, т.е. проведения экстраполяции за пределы области параметров, не охватываемой имеющимися сегодня экспериментальными данными, результат представляется далеко не очевидным.

В работе [2] показано, что с помощью экспериментального стенда для исследования нестационарных явлений в аэродинамических решетках турбомашин, определив для периферийного сечения лопатки коэффициенты нестационарных аэродинамических характеристик, перекрестных аэродинамических характеристик, взаимных аэродинамических связей, возможно осуществить подход к численному прогнозированию решетчатого флаттера лопаток как в условиях их безотрывного, так и срывного обтекания.

В работе [3] предложено выполнять оценку коэффициента аэродинамического демпфирования лопатки путем численного решения уравнений Навье-Стокса для плоского сечения, соответствующего 90% высоты лопатки. Такой подход, хотя существенно упрощает расчетную модель, т.к. используются 2-D расчеты, однако, как нам кажется, не может быть в полной мере применен для лопаток компрессоров.

Также, следует отметить, что это периферийное сечение в работах [2, 3] выбрано