

УЧЕТ КОНСТРУКЦИОННОГО ДЕМПФИРОВАНИЯ ПРИ РАСЧЕТЕ ВЫНУЖДЕННЫХ КОЛЕБАНИЙ РАБОЧИХ ЛОПАТОК ГТД

Гаршин Е.А.

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева,
г. Самара, garshin.ea@ssau.ru

Ключевые слова: рабочее колесо, замковое соединение, трение, конструкционное демпфирование, линеаризация, гармонический анализ, амплитуда колебаний

С развитием компьютерных технологий последние пару десятилетий сформировалась тенденция оценки прочности конструкций с использованием численных методов анализа. Использование программных комплексов конечно-элементного анализа позволяет значительно сократить этап проектирования изделия. Однако в современном двигателестроении, характеризующимся постоянным и интенсивным повышением удельных параметров двигателя, и как следствие увеличением нагрузок, действующих на узлы и элементы, выдвигается важное требование к качеству и точности расчетных моделей.

Одним из высоконагруженных элементов двигателя являются рабочие колеса, при проектировании которых необходимо учитывать совокупность газодинамических, тепловых, прочностных, вибрационных процессов. Также стоит отметить, что исследование данных процессов необходимо проводить с учетом нелинейностей, возникающих в них. Учет нелинейностей приводит к многократному увеличению временных затрат и требуемых для расчета ресурсов. Так при оценке вынужденных колебаний рабочих колес возникает проблема точной оценки уровня вибронпряжений, наиболее актуальная на этапе проектирования ГТД.

Акцент в данной работе сделан на учете конструкционного демпфирования в замковом соединении елочного типа. Конструкционное демпфирование реализуется в основном за счет контактного взаимодействия в замковом соединении рабочего колеса. Контактное взаимодействие с трением, это нелинейный процесс, который сильно усложняет расчетные исследования динамики колебаний рабочих колес.

В настоящей работе предлагается реальное контактное взаимодействие на поверхностях замкового соединения лопатка-диск привести к эквивалентному линеаризованному состоянию, используя набор нормальных и касательных жесткостей, а также заменой нелинейного конструкционного демпфирования на эквивалентное линейное вязкое (рис. 1).

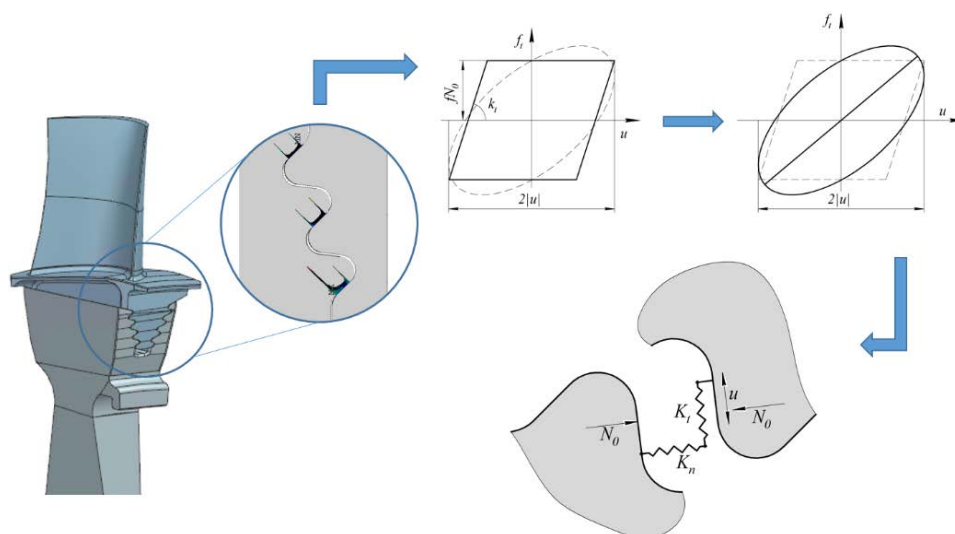


Рис. 1 – Схема линеаризации контакта

Для нахождения параметров линеаризованной модели контактного взаимодействия предлагается использовать решение контактной задачи теории упругости, описывающей взаимодействие индентора с плоским основанием и закругленными краями давящим на упругую полуплоскость [1]. Для решения поставленной задачи достаточно задать геометрию контактирующих пар зубьев и нормальную силу, действующую в контакте.

Результатом решения являются распределения нормального контактного давления и контактных касательных напряжений, а также касательные смещения, что позволяет рассчитать нормальную и касательную контактные жесткости, получить гистерезис упругофрикционного взаимодействия и определить рассеянную энергию в контакте.

Линеаризованная модель позволяет использовать гармонический анализ. При этом подбор жесткостей и демпфирования необходимо выполнять итерационно для каждой амплитуды колебаний. Тем самым, задача о вынужденных колебаниях реального рабочего колеса решается за приемлемое время.

Настоящая методика была верифицирована с натурным экспериментом. В эксперименте использовались модельные лопатка с хвостовиком елочного типа, а также паз, жестко фиксируемый в установке (рис. 2). Результаты имеют хорошую согласованность, погрешность не превышает 6%.

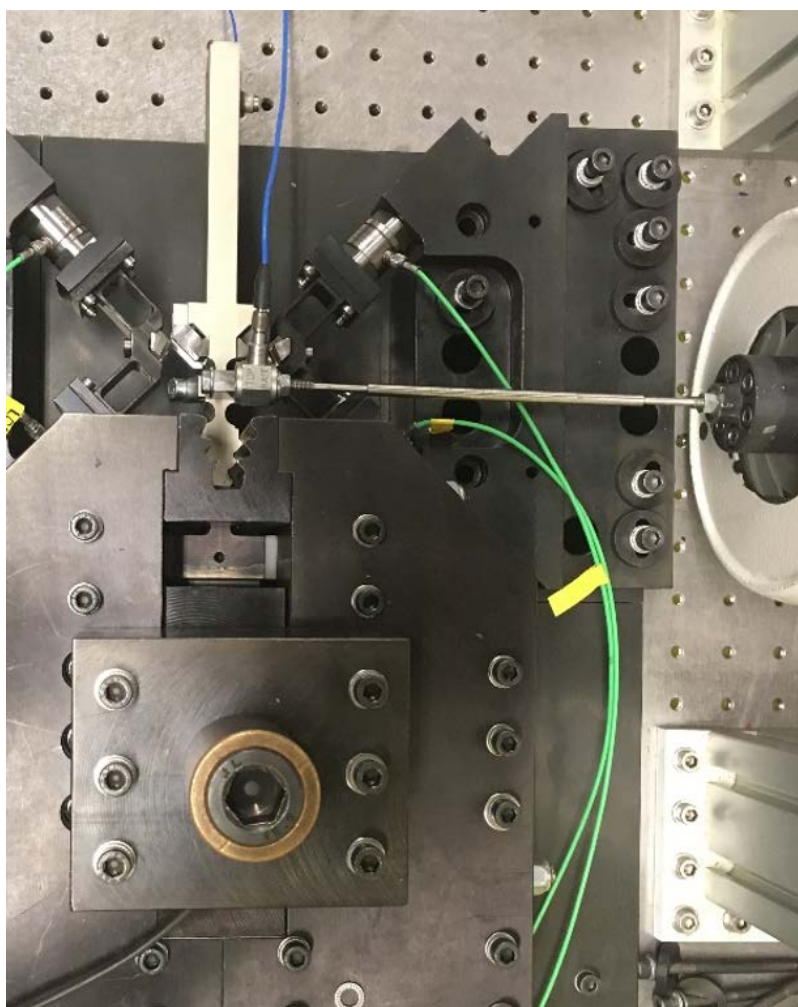


Рис. 2 – Рабочая область испытательного стенда

Настоящая методика была опробована при оценке вибрационных характеристик лопатки турбины проектируемого двигателя. Сравнение скорости расчетов с помощью предлагаемой методики с расчетом в нестационарной постановке показала 600 кратный прирост скорости вычислений, при сохранении требуемой точности расчета.

Предлагаемый подход учета конструкционного демпфирования является универсальным и может быть применен для исследования бандажных и антивибрационных полок, компрессорных лопаток и др.

Список литературы

1. Штаерман, И.Я. Контактная задача теории упругости / И.Я. Штаерман. – М.: Гостехиздат, 1949. – 270 с.

Сведения об авторе

Гаршин Егор Алексеевич, инженер НИИ-210, старший преподаватель кафедры конструкции и проектирования двигателей летательных аппаратов Самарского национального исследовательского университета имени академика С.П. Королева (национального исследовательского университета). Область научных интересов: динамика и прочность газотурбинных двигателей, демпфирование конструкций.

CALCULATION OF FORCED RESPONSE OF GASTURBINE ENGINE ROTOR BLADES WITH FRICTIONAL DAMPING

Garshin E.A.

“Samara National Research University”, Samara, Russia, garshin.ea@ssau.ru

Keywords: bladed disk, blade joint root, friction, frictional damping, linearization, harmonic analysis, amplitude of vibrations

Using finite element analysis software packages allows to reduce the design stage of a product. However, at present, due to the constant increase in engine parameters and as a consequence the increase in loads acting on components and parts, an important requirement is put forward for the quality and accuracy of calculation models. A contact interaction model is proposed that allows for the assessment of forced responses of bladed disks taking into account frictional damping in a linear formulation. This model has been verified. It is determined that using this model of contact interaction can significantly reduce time costs with comparable calculation accuracy.