

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕТОДОВ ВОЗБУЖДЕНИЯ РАБОЧИХ ЛОПАТОК ГТУ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ КОНСТРУКТИВНОГО ПРЕДЕЛА ВЫНОСЛИВОСТИ

Разяпов И.З.

АО «Силовые машины», г. Санкт-Петербург, razyapov_iz@power-m.ru

Ключевые слова: рабочие лопатки, усталостные испытания, предел выносливости, вибрационные напряжения.

Лопатки газотурбинных установок (ГТУ) в лабораторных условиях испытывают для определения конструктивного предела выносливости для определения запасов динамической прочности [1], а также подтверждения контрольного уровня при производстве.

В основном для возбуждения используется классический метод возбуждения – на вибростенде с закреплением лопатки за хвостовик в зажиме на штоке вибростенда.

Другой метод – возбуждение пульсирующим аэродинамическим потоком/штоком. Так, большинство испытаний лопаток на конструктивную выносливость для силовых машин проводится в «Центре конструкторско-технологических инноваций» (ЦКТИ) с оригинальным типом возбуждения – возбуждение пера лопатки переменным магнитным полем.

В данной работе выполнено сравнение двух методов возбуждения – классического и возбуждение переменным магнитным полем – для симметричного цикла по первой изгибной форме колебаний.

Для оценки влияния типа возбуждения на форму колебаний и НДС выполнено численное моделирование двух методов возбуждения.

Для примера рассматривается лопатка первой ступени компрессора ГТЭ-170.2.

Смоделировано возбуждение первой изгибной формы колебаний лопатки на вибростенде классическим методом и переменным магнитным полем.

Модальным анализом в Ansys была определена первая изгибная форма колебаний F1 и соответствующее ей НДС в упрощённой постановке – рассматривается только лопатка с закреплением по рабочим поверхностям хвостовика.

Моделирование возбуждений выполнено явным методом (в Ansys Transient). Коэффициент демпфирования для первой формы колебаний принят равным 0,02. Расчёты выполнены до установившегося периодического колебания (для чего потребовалось около 10 периодических циклов для данной задачи).

Классическое возбуждение смоделировано заданием периодического перемещения хвостовика лопатки (в поперечном направлении относительно оси хвостовика) с соответствующей частотой F1, что соответствует перемещению штока вибростенда с зажимом для закрепления лопатки (рис. 1). Возбуждение периферийной части лопатки переменным магнитным полем смоделировано заданием периодической силы на торец лопатки (перпендикулярно хорде верхнего сечения лопатки) с частотой F1 и жёстким закреплением рабочих поверхностей хвостовика (рис. 1).

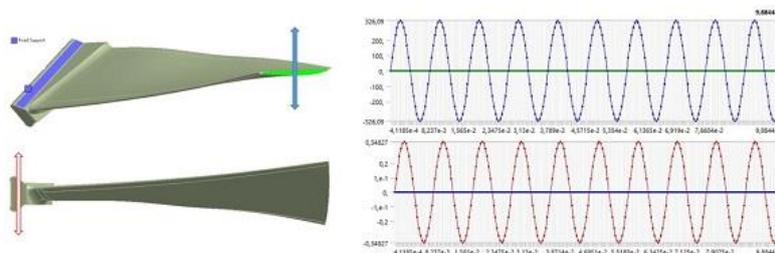


Рисунок 1 – Моделирование возбуждения переменным магнитным полем (сверху) и классическое (снизу)

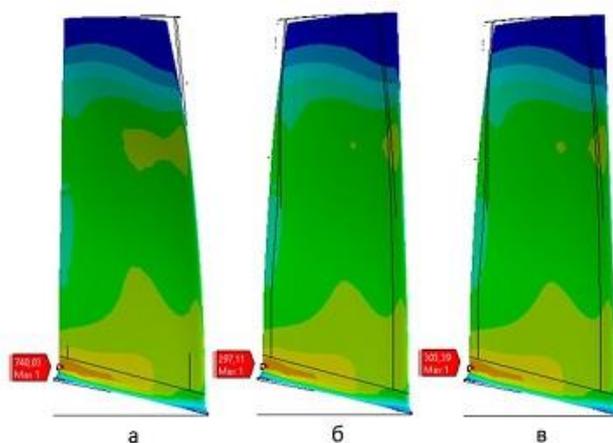


Рисунок 2 – Эквивалентные напряжения на крыльце

Выполнен анализ установившихся форм колебаний с двумя типами возбуждений (на рис. 2б – классическое возбуждение, рис. 2в – возбуждение пера магнитным полем) и сравнение с результатами модального анализа (рис. 2а). Из рис. 2 видно, что формы колебаний и эквивалентные напряжения при обоих возбуждениях полностью идентичны первой форме с модального анализа. Также совпадают напряжённые состояния при их масштабировании к приведенной амплитуде (табл. 1).

Таблица 1 – Эквивалентные напряжения в пере для приведенной амплитуды

Приведенные максимумы эквивалентных напряжений, МПа		
Модальный анализ	Классическое возбуждение	Возбуждение за перо
22.1	22.5	22.4

Таким образом, методы возбуждения лопатки полностью идентичны (по крайней мере на рассмотренной лопатке). Максимальная разница составляет менее 2%.

Следует отметить, что возбуждение пульсирующим потоком также можно считать по физике действия идентичным с возбуждением переменным магнитным полем.

Список литературы

1. Нормы вибрационной надёжности рабочих лопаток осевых компрессоров. РТМ 108.022.104-77.

Сведения об авторе

Разяпов И.З., ведущий инженер-конструктор СКБ ГТУ. Область научных интересов: динамика и прочность газотурбинных двигателей.

NUMERICAL SIMULATION OF THE METHODS OF EXCITATION OF THE WORKING BLADES OF THE GTE IN DETERMINING THE STRUCTURAL LIMIT OF ENDURANCE

Razyapov I.Z.

Power Machines JSC, Saint Petersburg, Russia, razyapov_iz@power-m.ru

Keywords: blades, high cycle fatigue, fatigue limit, vibration stress.

Comparison for two methods of excitation in determining the constructive endurance limit of compressor blades completed. For a symmetrical cycle according to the first bending mode considered classical excitation and blade airfoil excitation by an alternating magnetic field.