

УДК 539.3

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА КВАЗИСТАТИЧЕСКИХ ИТЕРАЦИЙ ДЛЯ РАСЧЕТА НА СОБСТВЕННЫЕ КОЛЕБАНИЯ ЛОПАТОК

Бабенко А.Є., Боронко О.А., Трубачев С.И.

НТУУ «Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского», г. Киев, Украина

***Аннотация.** В данной работе рассматриваются свободные колебания лопаток. Для этого был разработан новый метод – метод квазистатических итераций. В данном подходе был получен функционал для которого конечная формула для определения шага имеет ту же структуру, что и для статической задачи. Таким образом отыскание собственных частот и собственных форм колебаний свелось к многократному решению статической задачи. В качестве прикладной задачи решалась задача определения трёх собственных частот и соответствующих им собственных форм колебаний лопатки колеса центробежного компрессора.*

***Ключевые слова:** лопатка, собственные частоты, собственные формы, метод квазистатических итераций, функционал, пакет прикладных программ.*

Одной из важнейших задач при расчете на колебания упругих систем является определение собственных частот и соответствующих им собственных форм колебаний.

В целом проблема отыскания более двадцати собственных частот и форм колебаний лопаток, которые необходимо знать при решении задач о вынужденных колебаниях реальных механических систем весьма трудоемка и требует больших временных затрат даже при наличии современных ЭВМ.

Поэтому задача создания и развития алгоритмов определения собственных частот и соответствующих им собственных форм колебаний упругих систем является актуальной.

В данной работе для решения вышеуказанной задачи разработан метод квазистатических итераций.

В данном подходе был получен функционал для которого конечная формула для определения шага имеет ту же структуру, что и для статической задачи. Таким образом отыскание собственных частот и собственных форм колебаний свелось к многократному решению статической задачи [1].

При исследовании динамических характеристик лопаток аналитические методы расчета оказываются малоэффективными и поэтому необходимо использовать численные методы.

Найденные собственные частоты и собственные формы колебаний лопаток используются при решении задач о вынужденных колебаниях лопаток. Разработанная автоматизированная система динамического расчета лопаток представляет пакет прикладных программ (ППП) «МКИ», предназначенный для определения необходимого числа собственных частот и соответствующих им собственных форм при свободных колебаниях лопаток. ППП предназначен также для решения задач о вынужденных колебаниях с учетом рассеяния энергии в лопатках. Математическое обеспечение состоит из программ реализованных на алгоритмическом языке Фортран-IV и на языках программирования Си++ и Фортран. ППП построен по модульному принципу, что позволяет совершенствовать его структуру при помощи сервисных программ, а также видоизменять и дополнительно создавать программы для новых задач.

Каждый модуль системы выполняет определенные, логически завершённые действия и записывает результаты своей работы в файлы базы данных. Посредством этих файлов происходит передача данных между модулями системы. Так как, каждый модуль выполняет логически завершённые действия, то аварийное прерывание работы системы не приводит к разрушению базы данных и расчеты могут быть возобновлены с того модуля, работа которого была прервана. ППП спроектирован по принципу «черного ящика», при этом от

пользователя не требуется квалификации программиста, а требуется знание только инструкции по подготовке исходных данных и понимание выводимых результатов счета. ППП характеризуется высоким уровнем автоматизации и экономичностью с точки зрения памяти ЭВМ. ППП отлаживался и совершенствовался на большом числе тестовых, контрольных задач различной сложности.

В качестве прикладной задачи решалась задача определения трёх собственных частот и соответствующих им собственных форм колебаний лопатки колеса центробежного компрессора (рис.1).

Лопатки колес центробежных компрессоров представляют собой оболочки переменной толщины, упруго закрепленные на участке сопряжения с диском и свободные от усилий по остальному контуру. Обычно поломки таких лопаток вызываются усталостью и происходят при колебаниях на резонансе. Наиболее опасными в большинстве случаев им является первые три собственные частоты и соответствующие собственные формы колебаний, поэтому необходимо, чтобы резонансные частоты вращения для этих форм колебаний располагались выше рабочего.

Физико-механические характеристики лопатки брались следующие: модуль Юнга $E = 0,71$ МПа, коэффициент Пуассона $\mu = 0,33$, плотность материала $\gamma = 2,65 \cdot 10^3$ кг/м³. Значения трех собственных форм колебаний представлены в табл. 1.

Таблица 1.

Частоты колебаний лопатки f , Гц.

	f_1	f_2	f_3
Численный расчет	6714,97	16422,14	41204,65
Эксперимент	6705,00	16415,50	41190,80

Полученные значения собственных частот лопатки колеса центробежного компрессора сравнивались с данными эксперимента. Погрешность в определении трёх низших собственных частот не превышала 3%.

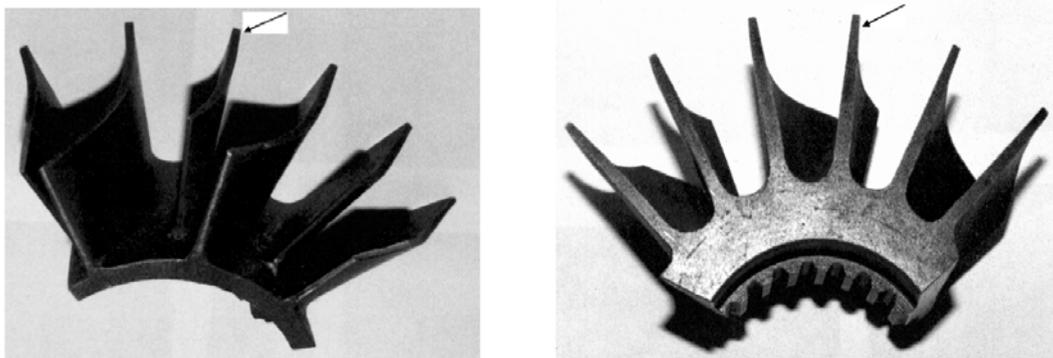


Рис. 1 Фрагмент колеса центробежного компрессора

Список литературы

1. Бабенко А.Е., Бобырь Н.И., Бойко С.Л., Боронко О.А. Применение и развитие метода покоординатного спуска в задачах определения напряженно-деформированного состояния при статических и вибрационных нагрузках: Моногр.-К.: Инрес, 2005.-264 с.