

## РАСЧЁТ ВЫНУЖДЕННЫХ КОЛЕБАНИЙ СИСТЕМ С УЧЁТОМ СИЛ СУХОГО ТРЕНИЯ В МЕСТЕ КОНТАКТА

©2016 Е.А. Гаршин

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва

### THE CALCULATION OF THE FORCED SYSTEM RESPONSE FACTORED WITH DRY FRICTION FORCES ON THE CONTACT SURFACES

Garshin E.A. (Samara National Research University, Samara, Russian Federation)

*The article describes the importance of accounting the structural damping in the determination of the dynamic stresses in the bladed disks. The single-mass system has been selected as a dynamic system, simplistically describing the dynamics of the blade installed in the drive. The paper presents the analysis of the frequency-response functions and energy dissipation as a function of the normal force.*

Данная работа посвящена проблеме учёта конструкционного демпфирования при исследовании простейших динамических систем, имеющих контактирующие элементы.

Динамику лопатки, установленной в диск, можно проиллюстрировать с помощью упрощённой одномассовой модели, показанной на рис. 1, где ползун и жёсткость моделируют замковое соединение, а жёсткость и масса – саму лопатку.

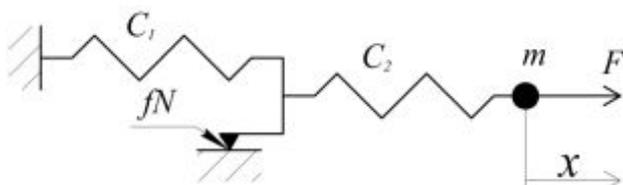


Рис. 1. Одномассовая система с изменяемой жёсткостью

Поведение системы определяется её жёсткостью, которая зависит от условий упруго-фрикционного взаимодействия в замковом соединении. Жёсткость системы при отсутствии силы трения определяется как — при предельном значении силы трения как

Для исследования описанной системы в программе Ansys была создана КЭ модель с использованием стандартных библиотечных элементов. В задаче использовалась простейшая модель трения, подчиняющаяся закону Кулона

В результате статического анализа для рассматриваемой системы были получены петли гистерезиса для различных значений силы трения (рис. 2), где — относительная сила, — относительное смещение, величина

силы трения определяется из процентного соотношения к амплитуде приложенной силы. Проверка полученных результатов с помощью аналитических выражений [2] показала, что КЭ моделирование в программе Ansys систем с сухим трением обеспечивает требуемую высокую точность.

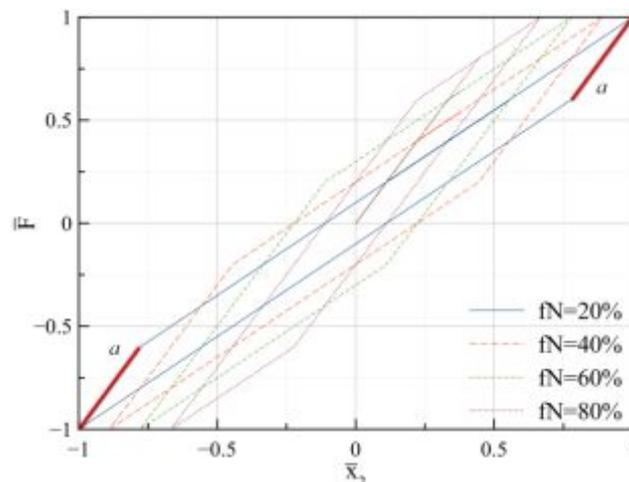


Рис. 2. Петли гистерезиса одномассовой системы в зависимости от силы трения

Были рассмотрены вынужденные колебания системы для различных соотношений силы трения и амплитуды внешней силы

— . Из-за нелинейности модели расчёт выполнялся в нестационарной постановке (Transient analysis) при различных значениях частоты возбуждения (10-100 Гц).

Результатами расчёта вынужденных колебаний являются амплитудно-частотные характеристики (АЧХ) при различных значениях силы трения (рис. 3), где — относительная амплитуда, — относительная энергия рассеивания на резонансе.

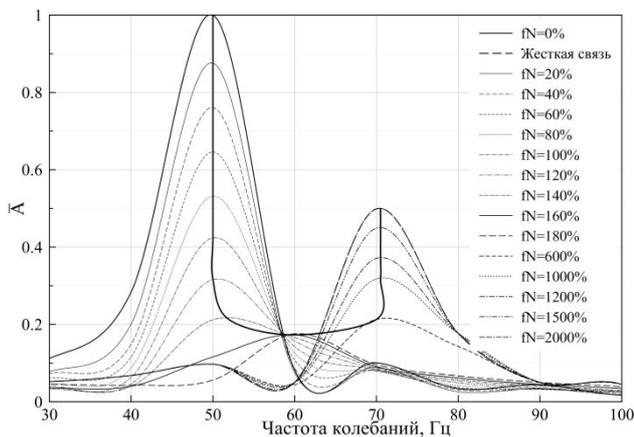


Рис. 3. Амплитудно-частотная характеристика колебаний системы при различных значениях силы трения

Анализ полученных результатов показал, что при увеличении силы трения изменяется положение резонансного пика в сторону высоких частот вследствие увеличения в зоне контакта жёсткости системы из-за выключения из работы пружины.

УДК 629.7:539.4

## ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОЧНОСТНОЙ НАДЁЖНОСТИ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

©2016 Ю.А. Ножницкий

Центральный институт авиационного моторостроения имени П.И. Баранова, г. Москва

### ADVANCED GAS-TURBINE ENGINES STRENGTH RELIABILITY SECURING

Nozhnitsky Yu.A. (Central Institute of Aviation Motors named after P.I. Baranov, Moscow, Russian Federation)

*The work considers a pool of requirements for modern gas turbine engines. Has been discussed actual directions of work connected with customer requirements, utilization of new engine schemes, high thermogasodynamic parameters of modern engines, application of new materials and technologies, accumulated experience.*

Рассмотрены актуальные направления работ по обеспечению прочностной надёжности газотурбинных двигателей (ГТД), связанные с

- необходимостью подтверждения соответствия двигателя новым требованиям к обеспечению безопасности эксплуатации (требованиям к подтверждению ресурса критических по последствиям разрушений деталей с учётом возможного наличия в этих деталях производственных и/или эксплуатационных дефектов, требованиям к птицестойкости двигателя, к обеспечению работоспособности двигателя в условиях обледенения,

Полученные результаты показывают, что в динамических системах с конструкционным демпфированием возможно смещение резонансных частот из-за изменений условий контактного взаимодействия, что необходимо учитывать при решении задач определения динамических напряжений в РК. Также видно, что нормальная сила в замковом соединении оказывает непосредственное влияние на уровень демпфирования. Изменяя её за счёт натяга в замковом соединении, можно добиться необходимого уровня демпфирования.

### Библиографический список

1. Нашиф А., Джоунс Д., Хендерсон Дж. Демпфирование колебаний: Пер. с англ. – М.: Мир, 1988. 448 с.
2. Биргер И.А., Мавлютов Р.Р. Сопrotивление материалов. - М.: Наука, 1986. 560 с.

требованиям к работам для раннего получения разрешения на ETOPS-полёты и др.);

- обеспечением возможности использования экономически эффективных методов эксплуатации (эксплуатации по «надёжности», реализации ETOPS-полётов большой длительности);

- использованием силовых установок новых схем (распределённых, с открытым ротором вентилятора, с редукторным приводом вентилятора и др.), новых конструктивно-технологических решений (редуктора привода вентилятора; деталей узлов, изготовленных с использованием различных