

## УЧЕТ АЭРОДИНАМИЧЕСКОГО ДЕМПФИРОВАНИЯ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ ВИНУЖДЕННЫХ КОЛЕБАНИЙ ЛОПАТОК РАБОЧИХ КОЛЕС

Рызыванов И.П., Урлапкин А.В.

Самарский университет, г. Самара, iryzyvanov@gmail.com

*Ключевые слова:* газотурбинный двигатель, лопатка компрессора, связанное моделирование, вынужденные колебания, аэродинамическое демпфирование, коэффициент аэродинамического демпфирования.

Основные требования, предъявляемые к проектируемым двигателям нового VI поколения, являются: повышение тяги двигателя, снижение массы, увеличение ресурса двигателя, при этом цикл создания нового двигателя должен не превышать 4–6 лет. Исходя из вышеописанных требований, конструкторы перспективных газотурбинных двигателей сталкиваются с непростыми задачами, например, моделирование вынужденных колебаний лопаток компрессора.

Моделирование вынужденных колебаний лопаток газотурбинного двигателя является нетривиальной задачей, которая требует учета следующих факторов: конструкционного демпфирования (в хвостовике лопатки), демпфирования за счет рассеивания энергии внутри материала и аэродемпфирования. К этим факторам стоит добавить нестационарность потока, и в результате, поставленная задача становится нелинейной. По данной теме существует ряд работ [1–3], в которых не приводится количественная оценка уровня вынужденных колебаний. В другой работе [4], рассматривается лишь качественная оценка, какой процесс происходит – аэродинамическое демпфирование или автоколебания.

В представленной работе рассматривается моделирование вынужденных колебаний лопатки рабочего колеса компрессора высокого давления, без учета конструкционного демпфирования. Моделирование вынужденных колебаний с учетом вязкости газа проводилось в двухсторонней постановке. Двухстороннее моделирование (2-way FSI-Fluid Structure Iteration) устроено так, что расчет механики деформируемого твердого тела (МДТТ) и газовой динамики происходит одновременно в рамках одного временного шага в постановке неявной динамики. Расчет в данной постановке проводился с помощью программного пакета Ansys, а именно Transient Structural, CFX и System Coupling.

Результаты расчета в виде амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) для периферийного сечения лопатки и графика зависимости коэффициента аэродинамического демпфирования от частоты вынуждающей силы представлены на рис. 1.

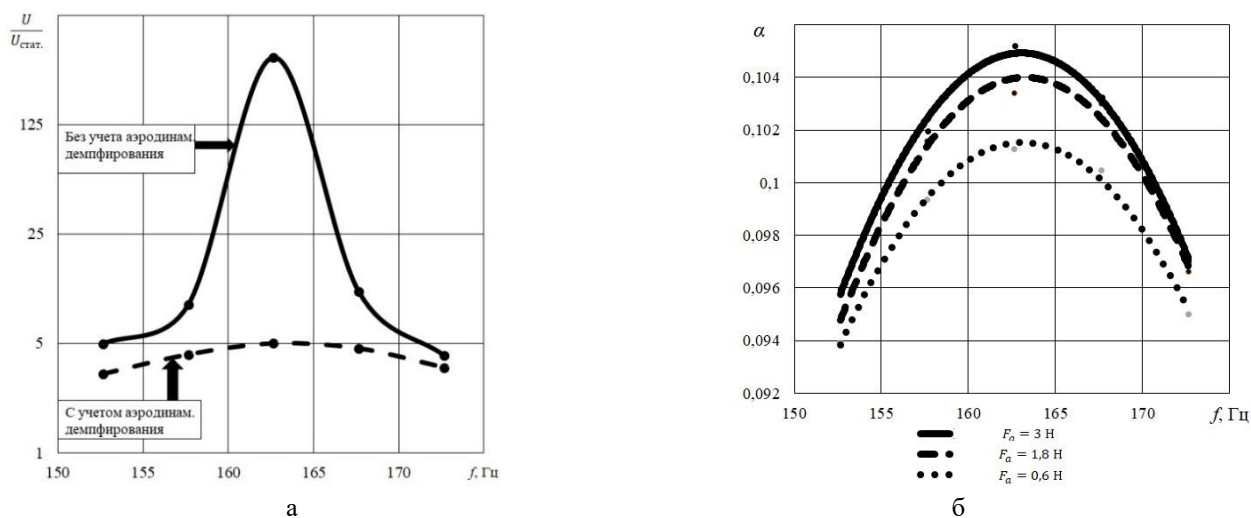


Рис. 1 – Результаты моделирования вынужденных колебаний:  
а – АЧХ; б – график коэффициента аэродинамического демпфирования

Анализ полученных результатов показывает, что учёт аэродинамического демпфирования существенно влияет на амплитуду колебаний в резонансной зоне – отличие амплитуд колебаний на резонансной частоте составляет более чем 25 раз. Кроме этого, сама величина коэффициента аэродинамического демпфирования существенно зависит от частоты колебаний, поскольку является величиной, пропорциональной скорости смещений. Полученные результаты и подходы, будут использованы в ближайших исследованиях для моделирования процесса вынужденных колебаний лопаточного венца с учётом неидентичности динамических свойств лопаток.

#### **Список литературы**

1. Шмотин Ю.Н., Августиневич В.Г. Численное моделирование нестационарных явлений в газотурбинных двигателях. М.: Машиностроение, 2005. 536 с.
2. Колодяжная Л.В., Гнесин В.И. Численное моделирование трёхмерного потока вязкого газа через вибрирующий лопаточный венец турбомшины // Вестник Национального технического университета «Харьковский политехнический институт». Сборник научных работ. Тематический выпуск: «Энергетические и теплотехнические процессы и оборудование». №5. 2006. С. 21-29.
3. Vogt D. Direct Calculation of Aerodynamic Influence Coefficients Using a Commercial CFD Solver // 18th International Symposium on Air Breathing Engines (ISABE). Beijing, 2007. P. ISABE-2007-1233.
4. Petrie-Repar P.J. Analytical Maps of Aerodynamic Damping as a Function of Operating Condition for a Compressor Profile // Proceedings of ASME Turbo Expo 2006. Barcelona, 2006, GT2006-90829.

Сведения об авторах

Урлапкин Александр Викторович, начальник ОТК ОНИЛ-1, старший преподаватель кафедры конструкции и проектирования двигателей летательных аппаратов  
Рызыванов Илья Петрович, студент группы 2405-240502D, Самарского университета.

#### **ACCOUNTING FOR AERODYNAMIC DAMPING IN THE SIMULATION OF FORCED VIBRATIONS OF THE IMPELLER BLADES**

Ryzvanov I.P., Urlapkin A.V.

Samara National Research University, Samara, Russia, iryzyvanov@gmail.ru

*Keywords: gas turbine engine, compressor blade, coupled simulation, forced oscillations, aerodynamic damping, aerodynamic damping coefficient.*

Due to the high competition in the gas turbine engine market, designers of promising gas turbine engines face difficult tasks, for example, modeling forced vibrations of compressor blades. The simulation of forced oscillations, taking into account the viscosity of the gas, can be carried out using two-way modeling (2-way FSI-Fluid Structure Iteration). This paper presents the results of modeling in the form of an amplitude-frequency response and a graph of the aerodynamic damping coefficient.