

## К ВОПРОСУ О ВЛИЯНИИ ОКРУЖНОЙ НЕРАВНОМЕРНОСТИ НА ДИНАМИЧЕСКУЮ ПРОЧНОСТЬ КОМПРЕССОРНЫХ ЛОПАТОК

© 2012 Попов Г.М., Шкловец А.О., Колмакова Д.А.

Самарский государственный аэрокосмический университет им. академика С.П. Королева  
(национальный исследовательский университет)

## ON THE QUESTION OF CIRCUMFERENTIAL VARIATION EFFECTS ON DYNAMIC STRENGTH OF COMPRESSOR BLADES

© 2012 G.M. Popov, A.O. Shklovets, D.A. Kolmakova

Samara State Aerospace University named after academician S. P. Korolyov (National Research University)

The approaches to forced axial compressor blades oscillations calculation are described in present paper. The flow circumferential variation that results in forced blade oscillations was evaluated with CFD methods. A modal calculation and the calculation of forced blade oscillations were carried out with ANSYS software. Resonance frequencies and stresses were calculated. Recommendations for reducing lever of resonance stresses are given.

Основным источником возбуждения колебаний рабочей лопатки компрессора среднего давления (рисунок 1) является окружная неравномерность потока, вызванная средней опорой. Данная окружная неравномерность приводит к изменению интенсивности газовой нагрузки, действующей на лопатку, и, как следствие, к её колебаниям.



Рисунок 1 – КСД, КВД и средняя опора

На первом этапе работы был проведён газодинамический расчёт для определения окружной неравномерности потока, а также интенсивности газовой нагрузки, действующей на рабочую лопатку. Расчётная модель состояла из лопаточных венцов 4 направляющего аппарата (НА), 5 рабочего колеса (РК) и 5 НА компрессора среднего давления (КСД), а также средней опоры и входного направляющего аппарата компрессора высокого давления (КВД). Моделируемые лопаточные венцы выделены на рисунке 1. Необходимо отметить, что все лопаточные венцы моделировались не одним

межлопаточным каналом, а «полной окружностью». Между лопаточными венцами использовался интерфейс без осреднения параметров потока. Суммарное количество элементов сетки составило 40 млн. Граничные условия для расчёта данной модели определялись из расчёта секторной модели КСД.

В результате расчёта получена структура потока на участке от 4НА КСД до ВНА КВД. Анализ структуры потока в лопаточных венцах 4НА, 5РК, 5НА КСД, средней опоры и ВНА КВД выявил, что в области стоек наблюдается существенная окружная неравномерность потока. В частности, наличие нижней стойки опоры приводит к отрыву потока в близлежащих лопатках 5НА, 5РК и даже 4НА (рисунок 4), что существенно меняет распределение газовой нагрузки по поверхности 5РК. Распределение давления по поверхности всех лопаток рабочего колеса было экспортировано в программный комплекс AnsysMechanical для расчёта вынужденных колебаний.

В программном комплексе AnsysMechanical полученная газовая нагрузка интерполировалась на конечноэлементную модель пера лопатки и

раскладывалась в ряд Фурье. В результате разложения в ряд Фурье получено, что максимальную амплитуду имеет 7-я гармоника, высокие амплитуды также у 5 и 12 гармоник.

Для определения уровня резонансных напряжений была построена резонансная диаграмма лопатки и проведена серия нестационарных расчётов. В результате расчётов были определены переменные напряжения в пере лопатки, а также запас усталостной прочности. Рассчитанный запас усталостной прочности соответствует нормам, однако уровень переменных напряжений недопустимо высок.

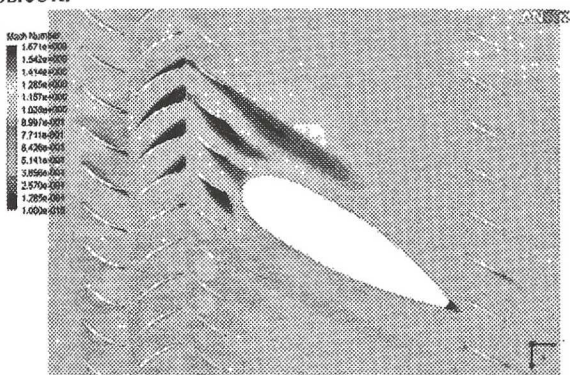


Рисунок 2 – Поле чисел Маха вблизи стоек опоры

В ходе анализа полученных данных были намечены следующие пути снижения окружной неравномерности потока и как следствие переменных напряжений в лопатке:

1) Перепрофилирование стоек опоры с целью меньшего их влияния на соседние ЛВ.

2) Введение разношаговицы и перепрофилирование отдельных лопаток пятого НА позволит перераспределить расход через межлопаточные каналы пятого НА и улучшить обтекание стоек опоры.

3) Увеличение осевого зазора между лопатками пятого НА и опоры позволит снизить влияние опоры на предыдущие пятый направляющий аппарат, что благоприятно скажется на структуре потока в области ЛВ пятой ступени.

## **УВЕЛИЧЕНИЕ ПРОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЛОПАТКИ РК ПЯТОЙ СТУПЕНИ КОМПРЕССОРА СД ЗА СЧЕТ ПЕРЕПРОФИЛИРОВАНИЯ (ВВЕДЕНИЕ ПРОФИЛЯ ШВАРОВА, УВЕЛИЧЕНИЕ ТОЛЩИНЫ ЛОПАТКИ, ПРИМЕНЕНИЕ ШИРОКОХОРДНОЙ ЛОПАТКИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ УПРАВЛЯЮЩИХ ПРОГРАММ ДЛЯ САМ-СИСТЕМ.**

© 2012 Попович А.В., Левщанов В.В., Лисов К.А., Чавкин Е.М.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Ульяновский государственный университет», Ульяновск.

Intelligent system for modern CAM to create NC-programs. The main points related to the processing of feature elements in modern CAM-systems. We describe how to implement neural network algorithms to create the CNC program. Showed a new way of building in automatic selection of cutting tools and machining strategies. Authors of article: Alexey V. Popovich, Vladimir V. Levschanov, Konstantin A. Lisov, Evgeniy M. Chavkin.

Сегодня, в современных САМ-системах существует три основных способа для описания последовательности механической обработки, необходимой при генерации верных траекторий перемещения

режущего инструмента: автоматический, полуавтоматический и ручной.

При работе в автоматическом способе - к распознанным типовым элементам применяются общие правила. Далее формируется траектория