

Flowmaster позволяет проводить быстрые и точные тепловые и гидравлические расчеты расходов и температурных состояний при рассмотрении любых канальных течений (лопатки, пассажи, вращающиеся полости и прочие газодинамические элементы современных двигателей).

В рамках примера можно привести расчет охлаждения лопаток турбоустановки. Получаемая точность при таких 1D расчетах

находится в пределах 4-5% по расходу и менее 1-2% по температуре.

Отдельно от CFD пакетов Flowmaster может быть применен для расчета самых разных авиационных систем.

Применение программного комплекса позволяет примерно на 30% увеличить скорость проведения расчетов и значительно их упростить, что помогает сохранить конкурентные преимущества компании.

УДК 621.431.75

## РАСЧЕТ КОМПРЕССОРОВ АВИАЦИОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СУПЕРКОМПЬЮТЕРА «СЕРГЕЙ КОРОЛЕВ»

Попов Г.М., Колмакова Д.А.

Самарский государственный аэрокосмический университет

### CALCULATION OF AIRCRAFT ENGINE COMPRESSOR BY MEANS OF SUPERCOMPUTER "SERGEI KOROLEV"

*Popov G.M., Kolmakova D.A. Comparison of calculations on the local computer and on the supercomputer are given in work. The analysis is performed by the example of the calculation of aircraft engine compressors.*

В последнее время, с развитием вычислительной техники, при изучении структуры течения в компрессорах авиационных двигателей все чаще стали применяться различные программные комплексы для автоматизированного решения системы уравнений Навье - Стокса. Она описывает течение газа с минимальными допущениями и позволяет учитывать влияние трехмерных явлений, вязкости и переменности свойств рабочего тела и т.п.

Так как компрессоры представляют собой многоступенчатые элементы, их расчёт на локальном компьютере связан с определенными трудностями.

Во-первых, из-за сложности и неустойчивости задачи необходимо тщательно подбирать начальные условия, модель турбулентности, шаг по времени и т.д. Во-вторых, время решения задачи может достигать до нескольких десятков часов.

Однако появление суперкомпьютеров позволило кардинально изменить подход к расчёту компрессоров авиационных двигателей.

Целью данной работы является сравнение расчетов пространственной структуры потока в компрессорах высокого и среднего давления с помощью современного универсального программного комплекса *Ansys CFX*, осуществляемых на локальном персональном компьютере и на суперкомпьютере «Сергей Королев».

Для решения задачи была создана расчетная модель, состоящая из 15 венцов, размеры которой были приняты по чертежным размерам компрессоров. Граничные условия приняты по данным проектного расчета.

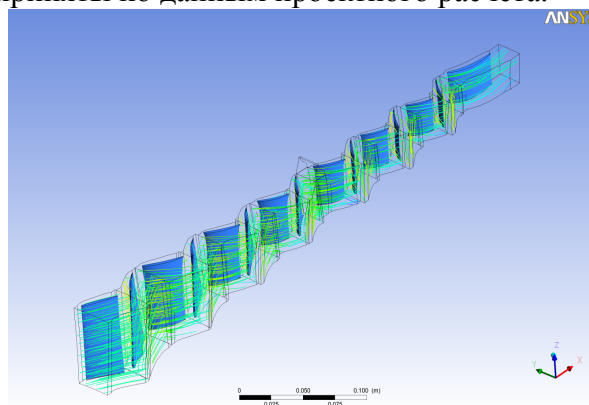


Рис. 1. Линии тока в компрессоре высокого давления

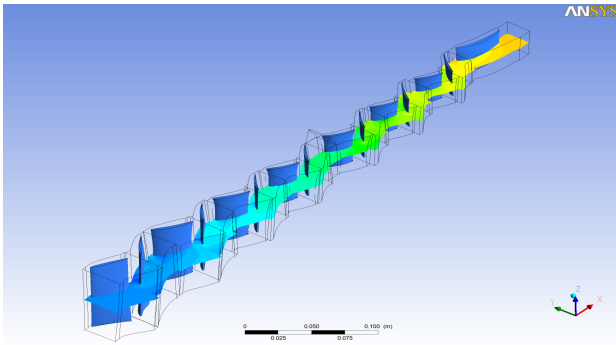


Рис. 2. Статическое давление в компрессоре высокого давления

В качестве рабочего тела использовался воздух, подчиняющийся закону идеального газа. Вязкость рабочего тела подчиняется закону Сатерленда. При разбиении модели структурно на гексаэдральные конечные элементы с помощью модуля *TGrid*, было создано несколько вариантов сеток: по 1300000, 600000 и 250000 элементов для

одного венца. Максимальное число элементов для венца составляет 1 300000 элементов, и для всей системы  $\approx 20\,000\,000$  элементов. При расчете используется модель турбулентности *SST k- $\omega$* . Расчет велся в стационарной постановке.

Для достижения сходимости задачи необходимо прохождение приблизительно 300 итерации. Так при расчёте на грубой сетке решение было получено через  $\approx 10$  часов на обычном компьютере, и через 2,5 часа на суперкомпьютере. Также стоит отметить, что при решении на качественной сетке решение на суперкомпьютере заняло 4 часа.

В результате была отработана методика расчета компрессоров, получены интегральные параметры компрессоров.

УДК 539.3

## ЧИСЛЕННО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ МЕТОД МОДЕЛИРОВАНИЯ ПЛАСТИЧЕСКОГО ТЕЧЕНИЯ ПРИ РАСЧЕТЕ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИЙ С ПОВРЕЖДЕНИЯМИ ТИПА УГЛОВЫХ ВЫРЕЗОВ

Шацкий А.Н.<sup>1</sup>, Буханько А.А.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ОАО «Кузнецов», г. Самара

<sup>2</sup>Самарский государственный аэрокосмический университет

### NUMERICAL-ANALYTICAL SIMULATION METHOD OF PLASTIC FLOW FOR ANALYSIS OF CONSTRUCTIONAL ELEMENTS WITH DAMAGE IN FORM OF ANGULAR NOTCHES

*Shatskiy A.N., Bukhanko A.A. Numerical-analytical approach to analysis of strain fields in the neighborhood of an angular notch is considered on basis of the problem of elastic-plastic specimen extension under the condition of axisymmetric strain. General problem of constructing of special finite elements is considered. Such elements allow describing the condition of accumulation of ultimate strains in the neighborhood of angular notch together with known software (MSC, ANSYS, LS-DYNA etc.)*

Одним из источников повреждаемости материала элементов конструкций в процессе эксплуатации является диссипация работы внутренних сил, которая оценивается удельной плотностью диссипации энергии  $W$ . Наибольшая плотность этой величины достигается в окрестности приобретенных дефектов (каверн, забоин, царапин и других концентраторов деформаций). Расчет величины  $W$  наиболее затруднен в окрестности повреждений типа углового

выреза: известные численные методы не позволяют определить предельное значение  $W$  при сколь угодно близком приближении к вершине выреза. Эта проблема может быть решена при рассмотрении аналитических решений в рассматриваемой окрестности.

Пусть тело из упругопластического материала с угловым вырезом с углом раскрытия  $2\delta$  находится в условиях осесимметричной деформации, (рис. 1). Предполагается, что в окрестности вершины