ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС NUMECA ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ГАЗОДИНАМИКИ И АКУСТИКИ

Д.В. Ворошнин, **О.В. Маракуева**, А.С. Муравейко
ООО «Нумека», Санкт-Петербург, contact@numeca-ru.com

На сегодняшний момент CFD-моделирование применяется при решении многих практически важных задач, выступая в качестве альтернативы натурного эксперимента. Преимущество вычислительных методов перед экспериментом заключается в значительной экономии ресурсов и времени, обеспечении большого количества выходных данных, что позволяет проводить более тщательный и детальный анализ.

В рамках коммерческого программного продукта *Numeca* реализовано несколько специализированных модулей для решения задач гидро- и газодинамики, вибро- и аэроакустики, аэроупругости и др.

Специализированный модуль *Fine/Turbo* служит для решения задач газовой динамики турбомашин. Явный трехмерный структурированный решатель позволяет решать широкий круг задач вычислительной газовой динамики методом конечных объемов за счёт реализации большого набора граничных условий, моделей турбулентности, физических моделей. При этом он обладает очень высокой скоростью вычислений и низким потреблением оперативной памяти, что достигается за счет использования геометрического многосеточного метода.

Fine/Open – неструктурированный решатель, предназначенный для моделирования внешних и внутренних течений.

Оценка нестационарных течений и акустических характеристик важна еще на стадии проектирования турбомашины, но стандартные методы моделирования нестационарного «ротор-статор» взаимодействия Domain Scaling и Phase Lagged чрезвычайно ресурсоемки и, как правило, не применимы для решения реальных задач турбомашиностроения на современном уровне развития вычислительной техники.

В обоих решателях реализован метод нелинейного гармонического анализа (NLH), который предполагает решение осреднённых уравнений Навье - Стокса с включением пульсационных составляющих, связанных с «ротор-статор» взаимодействием. Существенным преимуществом метода являются: возможность в кратчайшие сроки получить нестационарное решение, расчет производится в одном межлопаточном канале каждого венца, уменьшается влияние положения границы ротор-статор на решение. NLH метод применяется при анализе нестационарных явлений, моделировании входной неравномерности, анализе нестационарных

нагрузок на элементы лопаточных машин, в качестве начальных данных для акустического анализа и т.д.

Модуль *FINE™/Acoustics* предназначен для решения задач аэро- и виброакустики. Модуль включает в себя несколько методов: FEM/BEM подходы, метод Ffowcs Williams-Hawkings, полная интеграция с нелинейным гармоническим методом NLH, FlowNoise (DSNG) - прогнозирование широкополосного шума, производимого изотропной турбулентностью, на базе CFD RANS расчета и др.

Качество моделирования при решении задач газовой динамики и акустики зависит в том числе и от дискретной модели рассматриваемого объекта. *Numeca* предлагает ряд своих сеточных генераторов.

Создание структурированных сеток в ручном режиме чрезвычайно трудоемко. *AutoGrid5* предназначен для автоматического построения высококачественных блочно-структурированных гексаэдральных расчетных сеток проточной части лопаточных машин. *AutoGrid5* обладает высоким уровнем автоматизации, что обеспечивается техникой использования специальных шаблонов, такой подход позволяет быстро создавать расчетные сетки высокого качества для любого типа турбомашин с учетом различных геометрических особенностей. Весь процесс построения сеток распараллеливается.

Уникальные технологии, заложенные в сеточном генераторе *HEXPRESS/Hybrid*, позволяют автоматически строить гексадоминантные неструктурированные конформные сетки (тетра или полностью гекса) для одного или нескольких расчетных доменов с разрешением пристеночного слоя. Преимущества *HEXPRESS/Hybrid:*

- оперативность и автоматизация при перестроении сеток в батч-режиме, что многократно ускоряет процесс перестроения новых сеток для измененных геометрий.

- процесс построения сеток в *HEXPRESSTM/Hybrid* полностью распараллеливается.

- возможность строить сетки для геометрий с серьезными изъянами, щелями и т.д., что в целом на порядок сокращает временной этап построения сеток при работе с реальными геометриями. HEXPRESSTM/Hybrid имеет встроенный инструмент автоматического поиска и ликвидации геометрических изъянов.

HEXPRESSTM/Hybrid это идеальный инструмент для построения сеток большой размерности, сложнейшей топологии геометрий в самые кратчайшие сроки.

HEXPRESS - сеточный генератор, автоматически создающий гексаэдральные сетки высокого качества для сложных геометрических объектов.

Литература

1. Japikse D. "Introduction to Turbomachinery", Concepts ETI, Inc., 1997.
2. C. Hirsch, Numerical Computation of Internal & External Flows: the Fundamentals of Computational Fluid Dynamics, 2nd ed. Elsevier, 2007.
3. NUMECA Int., "Flow Integrated Environment", User Manual, Numeca Int., Brussels, Belgium, 2014.
4. Кампсти, Н. Аэродинамика компрессоров Текст. / Н. Кампсти.- М.: Мир, перевод под ред. Ф. Ш. Гельмедова, 2000.