

Оптимизация двигателей летательных аппаратов с учетом рекомендаций программного пакета ANSYS CFX по снижению уровня шума

А.В. Арсентьев

Московский авиационный институт

(национальный исследовательский университет), г. Москва, Россия

В работе содержится пошаговая технология ведения расчета уровня шума в ANSYS CFX. Для оптимизации двигателей летательных аппаратов используются результаты, полученные путем моделирования основных источников авиационного шума и проходящего через них воздушного потока.

Ключевые слова: двигатели летательных аппаратов, авиационный шум, программный пакет ANSYS CFX, источники шума

При создании перспективных образцов двигателей летательных аппаратов необходимо уделить должное внимание требованиям к авиационному шуму. В соответствии с международными регламентами уровень шума обязывают ограничить, так как авиационный шум является угрозой для здоровья людей.

Источниками шума, возникающего в следствии работы двигателя, являются такие узлы как: вентилятор, компрессор, турбина, камера сгорания и выходное сопло. Наиболее существенными по уровню шума могут выступать такие как вентилятор и выходное сопло.

Существует несколько путей реализации снижения уровня шума различных узлов двигателей летательных аппаратов, которые являются источниками его образования. Это достигается за счет технологических, конструктивных и эксплуатационных мероприятий. Введение этих мероприятий должно быть согласовано с обеспечением качества выпускаемой продукции [1-3]. При этом последствия применения различных методов обработки [4-6] способны обеспечивать изменения уровня шума, возникающего при работе двигателей летательных аппаратов. Достижение улучшений уровня шума связано с техническим риском [7], так как может потребовать изменений в документах [8] при подготовке производства.

Для оценки значений уровня шума используются различные пакеты программ, такие как ANSYS CFX и GHOST CFD. С помощью которых можно не только рассчитать, но и визуализировать шум, производимый двигателем.

Основными этапами работы в программных пакетах ANSYS CFX и GHOST CFD являются: подготовка геометрии, подготовка сетки, постановка граничных условий, настройка режима расчета, получение результатов. Так как в данных программах используются пакеты численного моделирования, в первую очередь необходимо построить модель, рассчитываемого изделия в сторонних программах – CAD-системах (Kompas, Solid Works, Pro/ENGINEER и другие).

Таким образом, если нужно установить, как течет газ в проточной части двигателя (рис. 1), не нужно создавать модель всей проточной части, показывать сварные швы, крепеж и прочее. Достаточно построить только геометрию проточной части. ANSYS CFX ориентирован на использование исключительно с геометрией проточной части и всякую твердую модель считает объемом жидкости. Ниже на рисунке приведены изображения реальных изделий с соответствующими проточными частями:

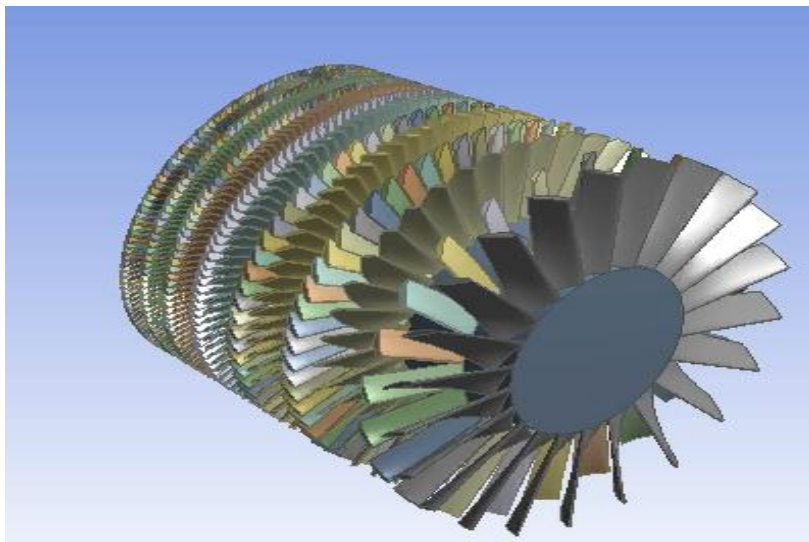


Рисунок 1 – Модель компрессора, построенная для последующего анализа в ANSYS CFX

Следующим шагом для выполнения численного моделирования в Ansys CFX может быть создание расчетной сетки.

Создание сетки – это необходимая стадия расчета в ANSYS CFX. Основа большинства программных пакетов для численного моделирования предусматривает разбиение расчетной области на элементарные участки областей. В данных участках сетки определяются значения рассчитываемых величин (в основном скорость и давление). И таким образом получается таблицей искомым значений.

Существуют различные модули для разбиения изучаемой области на элементарные участки, создаваемые сетку. Например, поставленная задача может быть решена за счет использования модуля Meshing. Данный модуль позволяет разбить расчетную область (проточную часть) на элементарные участки областей оптимальной формы. В результате разбиения удастся сформировать неструктурированную сетку (рис. 2). Недостатком неструктурированной сетки, формируемой посредством использования модуля Meshing ANSYS CFX является большая погрешность, чем если бы создавалась структурированная сетка. Преимуществами модуля Meshing является возможность автоматизированного создания сетки любой формы, что заметно увеличивает скорость работы.

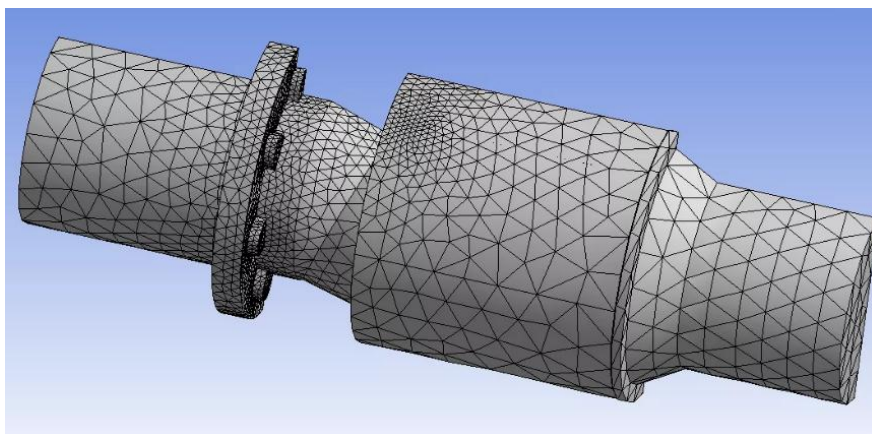


Рисунок 2 – Пример разбиения области на неструктурированную сетку

Подобную задачу можно выполнить, используя модуль TurboGrid, который работает только с лопаточными машинами. Особенность вышепредставленного модуля – адаптация для работы с проточными частями межлопаточных каналов. Используя данный модуль, проточная часть автоматически разбивается на структурированную сетку (рис. 3), что позволяет ускорить процесс расчета и повысить его точность и устойчивость.

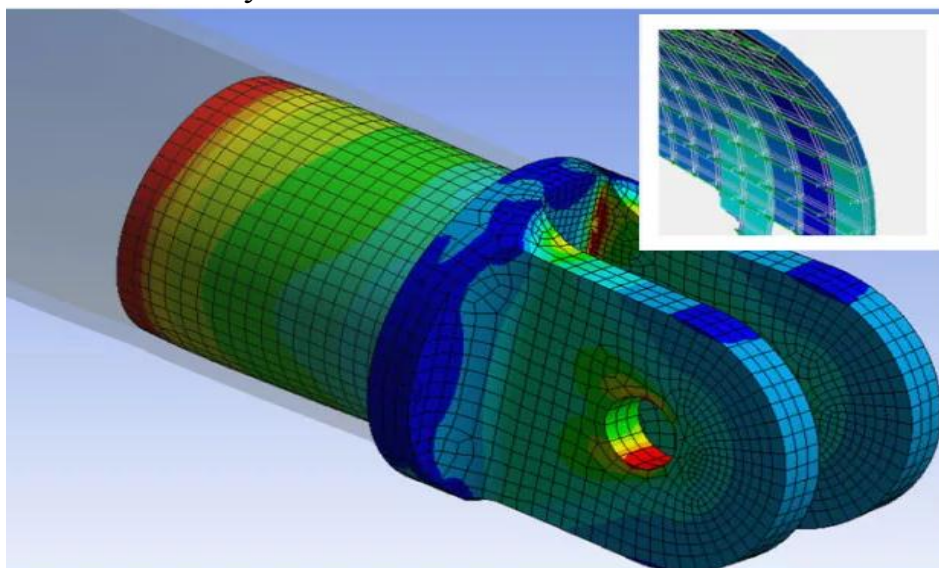


Рисунок 3 – Пример разбиения области на структурированную сетку

Очередным важным шагом при работе в ANSYS CFX является постановка граничных условий на расчетной сетке. Важность этого шага заключается в том, что от него зависит точность получаемых результатов. Технология задания граничных условий сводится к тому, что каждая поверхность изучаемого объекта, загруженная в препроцессор (так называется модуль ANSYS CFX для задания граничных условий - CFX-Pre) должна содержать уникальное обозначение, а также обладать особой функцией. Данный шаг предполагает необходимость задания действующих на созданную ранее модель условий, имитирующих особенности течения газа по газовоздушному тракту двигателя летательного аппарата.

Существует несколько режимов для задания граничных условий для изучаемого объекта. Среди которых выделяются стационарный и нестационарный.

Отличительной чертой между данными подходами служит то, что в стационарном режиме все элементы модели остаются неподвижными относительно приводимого в движение потока. Окружная скорость вращающихся объектов отражается на моделируемом потоке.

В нестационарном режиме ANSYS CFX автоматически учитывает вращение неподвижных объектов на указанный поворот в соответствии с задаваемым шагом по углу.

Четвертым шагом для моделирования работы двигателя летательного аппарата следует настройка режима расчета. На этом шаге мы используем распределение расчетного процесса по многоядерной архитектуре. Перед выполнением расчета имеется возможность распределения предполагаемого расчета по имеющимся в наличии ядрам компьютера. Важным моментом является правильный выбор ресурсов используемой системы для оперативного и корректного выполнения расчетных действий в пакете программ ANSYS CFX.

Завершающим шагом приведенного алгоритма является загрузка и изучение выходных данных в модуле CFD-Post. Эти данные зависят от выбранного ранее режима расчета (стационарного или нестационарного). В результате исследования получаем модель распространения звуковых волн, создаваемых двигателем летательного аппарата в виде цветовой палитры (рис. 4) с указанием численных значений на различных участках.

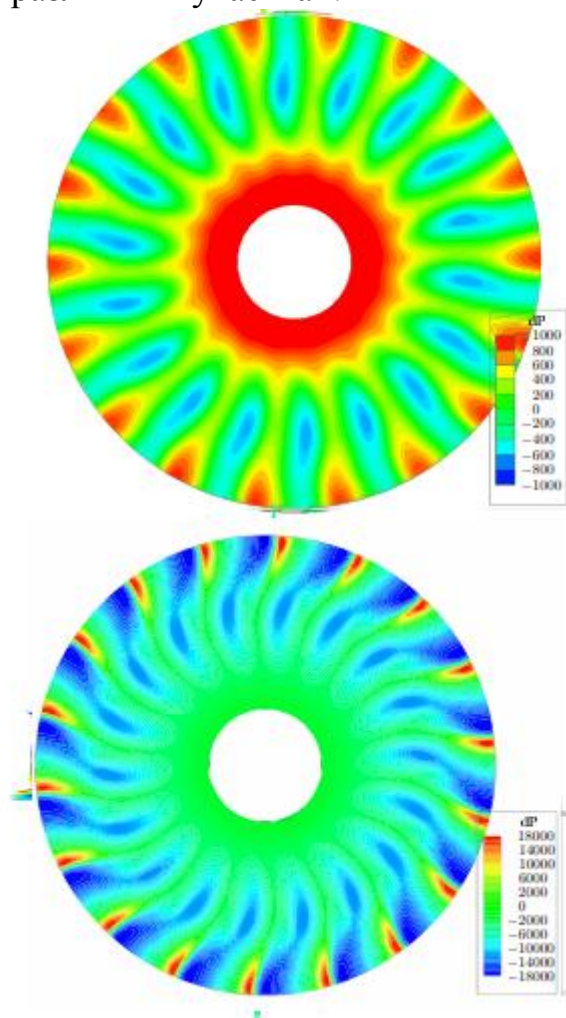


Рисунок 4 – Визуализация результатов расчета в пакете программ ANSYS CFX

Таким образом, пакет программ ANSYS CFX позволяет достаточно точно и эффективно определить и визуализировать шум, возникающий при работе двигателей летательных аппаратов. Что позволяет определить значения уровня шума, производимого элементами двигателя и принять меры для уменьшения этих значений.

Библиографический список

1. Высоцкая В.И., Добровольский В.И., Маликов С.Б. Разработка комплекса мер по повышению качества высокотехнологической продукции авиационной промышленности / Научные труды (Вестник МАТИ). Вып. 20 (92). М.: МАТИ, 2013. С. 276–281.

2. Высоцкая В.И., Маликов С.Б. Повышение качества продукции авиапрома / Восьмой международный аэрокосмический конгресс. Тезисы докладов. 2015. С. 199-200.

3. Высоцкая В.И., Маликов С.Б., Токмакова Т.В. Вопросы качества авиационной техники / Девятый международный аэрокосмический конгресс. Тезисы докладов. 2018. С. 174–175.

4. Высоцкая В.И., Маликов С.Б., Токмакова Т.В. Влияние механической обработки на свойства КМ на основе высокотемпературных карбидов с металлическими наполнителями // Авиационная промышленность, 2017, № 4. С. 42–45.

5. Высоцкая В.И., Маликов С.Б., Токмакова Т.В. Влияние электрофизических методов обработки на свойства КМ на основе высокотемпературных карбидов с металлическими наполнителями // Авиационная промышленность. 2018. № 2. С. 41–43.

6. Бойцов А.Г., Токмакова Т.В., Высоцкая В.И., Маликов С.Б. Влияние режимов электроэрозионного фрезерования на производительность прошивки отверстий малого диаметра в деталях ГТД // Авиационная промышленность 2018. № 3-4. С. 35–37.

7. Маликов С.Б. Метод анализа технического риска при организации подготовки опытного производства деталей: автореферат дисс. ... канд. техн. наук. - М.: МАТИ, 2012. - 19 с.

8. Маликов С.Б., Юрин В.Н. Оценка последствий внесения изменений документов конструкторско-технологической подготовки производства в условиях параллельного выполнения работ. / Шестая Всероссийская научно-практическая конференция «Применение ИПИ-технологий в производстве». Труды конференции. – М.: ИЦ «МАТИ»–РГТУ им. К.Э. Циолковского, 2008. С. 75–76.