

7. Висновки

В результаті комплексного інтелектуального управління теплонасосним енергопостачанням можливо:

1. Забезпечувати повне випаровування холодагента щодо надійної роботи компресора теплового насоса [1-3].

2. Узгоджувати рівень споживання теплоти з рівнем продуктивності теплового насоса при використанні теплової ємності місцевої води в повній мірі [1-3].

3. Змінювати рівень потужності компресора теплового насоса щодо економії електроенергії на основі оцінки зміни витрати пари холодагента через компресор.

В роботі досліджено залежності кута повороту і втрат повного тиску в компресорній решітці від параметрів розрахункової сітки. Проаналізовано переваги і недоліки деяких видів розрахункових сіток

Ключові слова: компресор, решітка компресорів, чисельна газодинаміка

В работе исследованы зависимости угла поворота потока и потерь полного давления в компрессорной решетке от параметров расчетной сетки. Проанализированы преимущества и недостатки некоторых видов расчетных сеток

Ключевые слова: компрессор, решетка компрессоров, численная газодинамика

We studied the dependence of the rotation angle of the flow and total pressure losses in the compressor grating parameters of the computational grid. The advantages and disadvantages of certain types of computational grids

Key words: compressor, compressor cascade, computer flow gasdynamic

Введение

Основная тенденция развития современного компрессоростроения – это разработка малогабаритных, высоконапорных и высокопродуктивных компрессоров.

Развитие расчетной газодинамики и компьютерной техники делает возможным разработку и реализацию методов расчета нестационарных течений жидкости и газа в пространственных областях сложной конфигурации.

Література

1. Чайковская Е.Е. Поддержание функционирования энергетических систем на основе интеллектуального управления тепломассобменными процессами // Труды 6-го Минского Международного Форума по тепломассобмену.- ИТМО им. А.В.Лыкова НАНБ, 8-05, 2008.- С. 1-10.
2. Стефанюк В.В. Управління теплонасосним теплопостачанням на рівні прийняття рішень // Восточно-Европейский журнал передовых технологий, 2009.- №1/3 (37).- С. 32-35.
3. Стефанюк В.В. Інтелектуальна система підтримки функціонування теплонасосного енергопостачання // Восточно-Европейский журнал передовых технологий, 2010.- №3/10 (45).- С. 33-35.

УДК 621.45.037:004.942(043.2)

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ РАСЧЕТНОЙ СЕТКИ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ КОМПРЕССОРНЫХ РЕШЕТОК

Ф.И. Кирчу

Кандидат технических наук, доцент
Кафедра авиационных двигателей
Национальный авиационный университет
пр. Комарова 1, г. Киев, Украина, 03680
Контактный тел.: 066-402-30-33
E-mail: fkirchu@gmail.com

Известно несколько методов получения характеристик компрессорных решеток – экспериментальные и численные.

Численные методы [1] позволяют исследовать течение на всех возможных режимах работы решеток, а также стоимость применения численных методов сравнительно невысокая, т.к. стоимость программного обеспечения и вычислительной техники постоянно снижается.

Численный метод условно можно разделить на следующие этапы: определение объекта исследования,

создание расчетной модели, генерация сетки, задание граничных условий, решение задачи, получение, обработка и сравнение с экспериментальными данными результатов моделирования.

Процесс построения сетки относится к ключевым моментам проведения численного эксперимента, от выбора рациональных параметров сетки зависит адекватность полученных результатов [1].

Рациональным выбором сетки можно значительно упростить решение уравнений газодинамики, как правило, представляющих собой систему дифференциальных уравнений описывающих движение газа в частных производных.

Таким образом, основной задачей данной работы было исследование влияния параметров расчетной сетки на характеристики компрессорных решеток (угол поворота потока в решетке, потери полного давления).

Задача построения сетки заключается в нахождении отображения, которое переводит узлы сетки из физической области в вычислительную. Данное отображение должно удовлетворять следующим критериям:

- однозначность отображения;
- сгущение в областях, где возможно появление больших градиентов искомых функций;
- гладкость линий для обеспечения непрерывности производных (для регулярных сеток).

Можно выделить следующие глобальные типы сеток, применяемые в задачах вычислительной гидрогазодинамики с различной методикой построения и решения модельных уравнений: регулярные, неструктурированные, гибридные, адаптивные.

По типу элемента различают гексаэдрические, тетраэдрические, призматические сетки.

Регулярные сетки имеют ряд преимуществ: допускают высокий порядок аппроксимации для методов сквозного счета, что трудно достигается на неструктурированных сетках; не требуют хранения и переработки информации о соседних ячейках, ребрах, гранях (ориентация, длины и т. п.), необходимой при расчете на неструктурированных сетках.

Существенным преимуществом неструктурированного подхода является гибкая структура построения сетки, позволяющая точно отобразить геометрию расчетной области и сгенерировать сетку с меньшими затратами для областей сложной геометрии, главным образом, пространственных конфигураций [3]. Адаптация сетки к решению задачи в случае неструктурированного подхода производится сравнительно проще, чем в случае регулярных методов построения сетки.

Характерной особенностью неструктурированных сеток является произвольное расположение узлов сетки в физической области. Произвольность следует понимать в том смысле, что отсутствуют сеточные направления и нет структуры сетки, подобной регулярным сеткам.

Применение неструктурированных сеток целесообразно в случае достаточно сложных пространственных фиксированных или изменяемых геометрий. В последнем случае перестройка сетки достигается с существенно меньшими вычислительными затратами, по сравнению, с регулярными методами.

Объект исследования

В качестве объекта исследования в данной работе была выбрана компрессорная решетка КР-33 [2], которая состоит из профилей винтовой серии ВС-10, средняя линия которых сгибалась по дуге окружности с относительной толщиной профиля $s=0,087$. На рис. 1 представлены основные геометрические характеристики решетки.

Исходя из экспериментальной характеристики решетки рис. 2, для проведения расчетов, была выбрана точка критического угла атаки равного 5° , где значения угла поворота потока в решетке и потерь по полному давлению являются наиболее показательными для определения влияния параметров сетки на результаты моделирования.

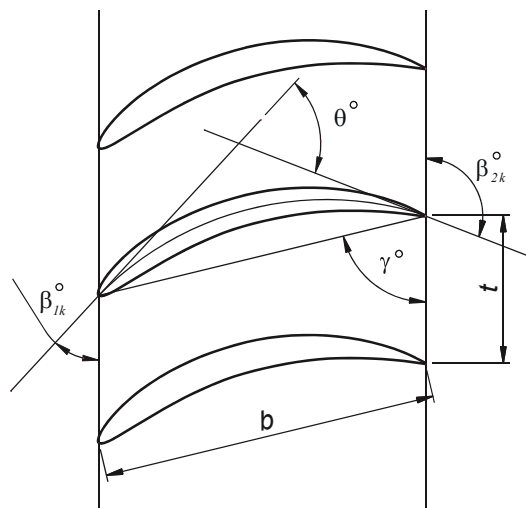


Рис. 1. Геометрические характеристики компрессорной решетки КР-33

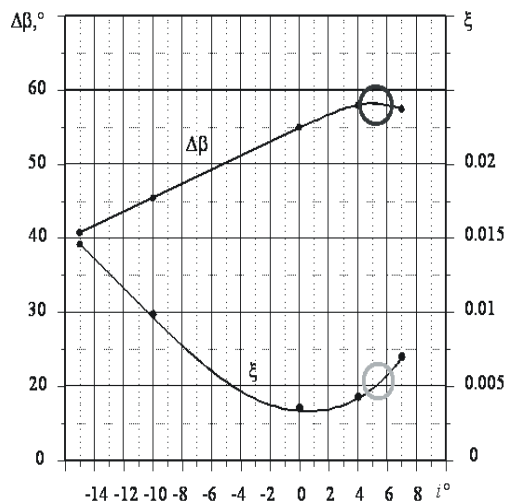


Рис. 2. Зависимость угла поворота потока и потерь в компрессорной решетке от угла атаки

Конструктивные углы: $\beta_{1k} = 43^\circ$, $\beta_{2k} = 111^\circ$; угол изгиба профиля $\theta = \beta_{2k} - \beta_{1k} = 68^\circ$; угол установки $\gamma = 76,5^\circ$; Хорда $b = 52$ мм; относительный шаг решетки $t/b = 0,385$.

Создание расчетной модели и задание граничных условий

В качестве расчетной области была выбрана периодическая часть решетки с одной лопаткой (рис. 3).

На поверхностях расчетной модели были заданы следующие условия: скорость и угол набегания потока на входе, статическое давление на выходе, стенки расчетной модели и профиля принимались адиабатически жесткими с нулевыми скоростями на их поверхностях, границы периодического интерфейса на сторонах расчетной модели.

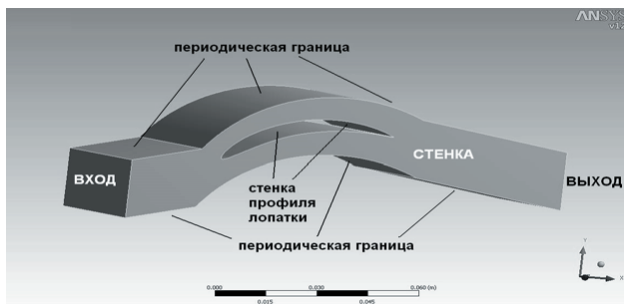
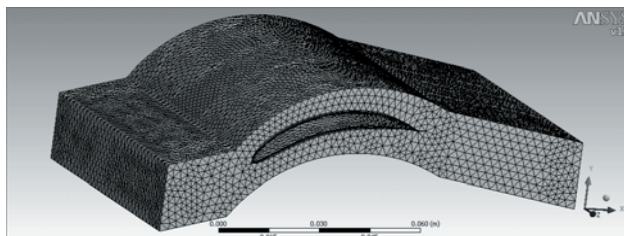


Рис. 3. Расчетная область

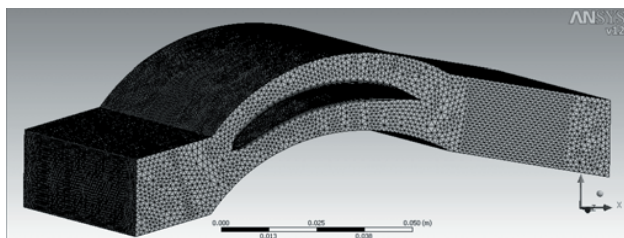
Выбор контролируемых параметров и генерация сетки

Контролируемыми параметрами сетки были выбраны следующие параметры тетраэдрической сетки:

- Maximum Spacing – максимальный размер элемента в объемном теле;
- Minimum Edge Length – минимальная длина элемента на ребре объекта;
- Maximum Edge Length – максимальная длина элемента на ребре объекта.



а)



б)

Рис. 4. а) Max Spacing – 2.0, Max Edge Length – 2.0, Min Edge Length – 2.25; б) Max Spacing – 1.2, Max Edge Length – 1.2, Min Edge Length – 1.35

Визуально можно увидеть (рис. 4) зависимость формы расчетной сетки от контролируемых параметров – с уменьшением параметров происходит сгущение сетки. В работе проводились исследования с четырьмя различными наборами параметров расчетной сетки Max Spacing – 2.0; 1.7; 1.4; 1.2; Max Edge Length – 2.0; 1.7; 1.4; 1.2; Min Edge Length – 2.25; 1.9; 1.6; 1.35.

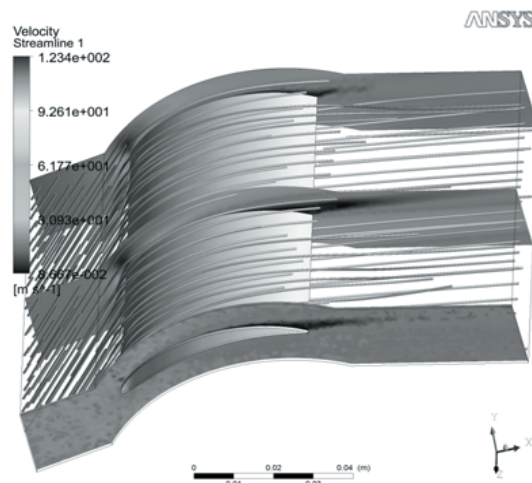


Рис. 5. Картина течения в компрессорной решетке

Анализ результатов расчета

В результате расчетов была получена картина течения в компрессорной решетке (рис. 5), которая полностью соответствует действительности: отрыв потока от верхней поверхности профиля, в области которой идет уменьшение скорости и увеличение давления.

В качестве измеряемых параметров были выбраны полное давление, угол входа потока и угол выхода, которые дали возможность проанализировать влияние параметров сетки на потери полного давления и на угол поворота потока.

Из графиков (рис. 6, 7) очевидно, что влияние параметров сетки на потери более значительны, нежели на угол поворота потока.

Также была построена зависимость времени вычислений на ПЭВМ от параметров расчетной сетки (рис. 8).

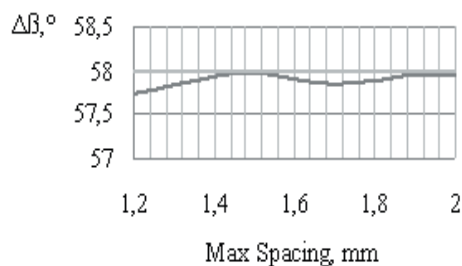


Рис. 6. Зависимость угла поворота потока в решетке от параметра сетки

Уменьшение размеров элементов сетки на 70% приводит к снижению погрешности между эксперимен-

тальными и расчетными данными в два раза, но при этом увеличение времени расчета в 4,5 раза.

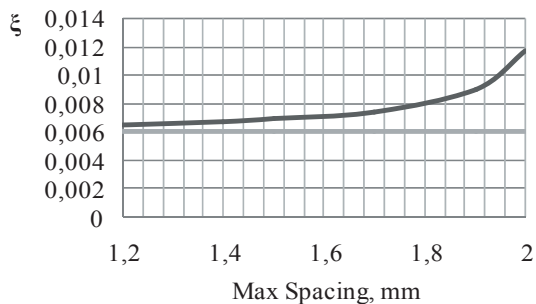


Рис. 7. Зависимость потерь в компрессорной решетке от параметра сетки

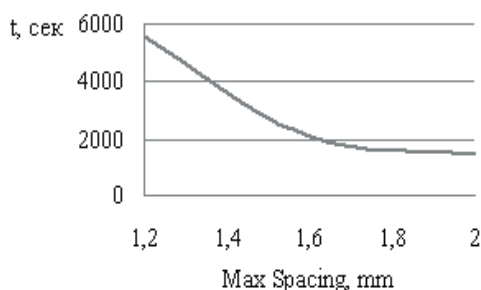


Рис. 8. Зависимость времени расчета от параметра сетки

Численный эксперимент проводился при помощи SolidWorks 9.0 и ANSYS 12.0. Критерий сходимости численных расчетов: среднеквадратичное расхождение 10^{-5} . Параметр сетки изменялся с шагом $\Delta \max$ Spacing = 0,1 mm в диапазоне 1,2 ... 2,0 mm.

Выводы

В результате анализа результатов можно сделать вывод об эффективности использования численных методов при усовершенствовании геометрии компрессорных решеток, а также для детального исследования проблемных участков. Численный метод позволяет исследовать влияние различных факторов на характеристики решеток и дает возможность включить процедуру оптимизации в процесс проектирования.

В ходе работы были исследованы зависимости угла поворота потока и потерь полного давления в компрессорной решетке от параметров расчетной сетки, проведенные исследования показали, что структура расчетной сетки очень сильно влияет на достоверность результатов моделирования. Следовательно, актуальной задачей численного моделирования остается совершенствование расчетной сетки, т.е. исследование подходов по созданию расчетных сеток (адаптивной и гибридной) для улучшения качества сетки и уменьшения временных затрат (машинного времени).

Литература

1. Аэродинамический расчет и оптимальное проектирование проточной части турбомашин / Бойко А.В., Говорущенко Ю.Н., Ершов С.В., Русанов А.В., Северин С.Д. – Х.: НТУ «ХПИ», 2002. – 356 с.
2. Свечников В.С. Аэродинамические характеристики компрессорных решеток / А.Б. Кириллов. // Труды ЦАГИ. – М.: БНТ ЦАГИ, 1957. – вып. № 142. – 56 с.
3. Eriksson L.E. Generation of boundary-conforming grids around wing-body configurations using transfinite interpolation / L.E. Eriksson. // AIAA J. – 1997. – vol.20. – N10. – pp.1313-1320.
4. Флетчер К. Вычислительные методы в динамике жидкостей/ К. Флетчер. – М:Мир, т.2, 1991. – 552с.