

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ГЕНЕРАТОР БЛОЧНО-СТРУКТУРИРОВАННЫХ РАСЧЕТНЫХ СЕТОК ДЛЯ ТУРБОМАШИН TURBOR&D.MESHER

Д.В. Ворошнин¹, Р.А. Загитов^{1,2}, С.Д. Сальников¹,
Н.В. Шуваев^{1,2}

¹ООО «ИЦЧисл», Санкт-Петербург, *d.voroshnin@rescent.ru*

²ИПМ им. М.В. Келдыша РАН, Москва, *tatiana.kozubskaya@gmail.com*

Работа посвящена разработке и реализации методики автоматического построения расчетных сеток для турбомашин в программном комплексе (ПК) TurboR&D.Mesher. Рассматривается многоблочная структурированная расчетная сетка. Блок расчетной сетки представляет собой упорядоченный трехмерный массив узлов. Блоки расчетной сетки соединяются между собой «узел в узел», то есть координаты соответствующих узлов смежных блоков расчетной сетки совпадают. Задача построения расчетной сетки заключается в определении многоблочной топологии и координат узлов расчетной сетки таким образом, чтобы расчетная сетка удовлетворяла заданным критериям качества: невырожденность, ортогональность и др.

Основная идея используемого для оптимизации расчётной сетки вариационного метода [1, 2] заключается в выборе некоторых целевых форм и размеров для каждой ячейки и последующей оптимизации расчетной сетки таким образом, чтобы формы и размеры ячеек расчетной сетки приближались к целевым. В качестве целевых форм всех ячеек расчетной сетки используются прямоугольные параллелепипеды. Целевые размеры выбираются с учетом кривизны границ расчётной области и заданных сгущений расчетной сетки в областях, где ожидаются большие градиенты искомым характеристик (вблизи твердых стенок). В качестве методов оптимизации используются метод Ньютона-Рафсона, градиентные методы, метод Монте-Карло.

Вторым ключевым моментом при разработке ПК TurboR&D.Mesher была разработка алгоритмов автоматического определения топологии расчетной сетки. Используемый сеточный шаблон позволяет перейти от задачи построения трёхмерной

топологии к последовательному построению нескольких двумерных топологий. Для построения двумерных топологий реализовано 2 алгоритма. Первый основан на использовании срединной оси расчетной области (medial axis set) [3]. Алгоритм обладает достаточной универсальностью относительно сложности геометрических границ расчётной области и применяется для моделирования различных притрактовых полостей. Второй алгоритм разработан для построения топологии расчетной сетки непосредственно в межлопаточном канале и аналогичен методу продвигающегося фронта для генерации неструктурированных расчетных сеток. При этом строится единая двумерная топология с учётом нескольких различных геометрических сечений по высоте лопатки.

В настоящее время в ПК TurboR&D.Mesher реализованы возможности построения расчетной сетки в ручном и автоматическом режиме с учетом радиальных зазоров и галтелей, лабиринтов уплотнения и отборов воздуха, обтекателей и двухконтурных конфигураций. ПК TurboR&D.Mesher протестирован на различных геометриях осевых и радиальных компрессоров и турбин, вентиляторов, насосов, суммарное количество сеток в тестовой базе превышает 4000.

Дополнительно разработаны утилиты для конвертации сетки и автоматизации подготовки расчётной модели в 3D газодинамическом решателе уравнений Навье-Стокса NOISEtte, разрабатываемом в ИПМ им. М.В. Келдыша РАН.

Разработка газодинамического решателя выполняется при поддержке Российского научного фонда, проект N. 21-71-10100.

Литература

1. Azarenok B.N. A variational hexahedral grid generator with control metric. *J. Comput. Phys.*, v.218, 2006, pp.720–747.
2. Ivanenko S.A. Harmonic mappings in: Thompson J.F., Soni B.K., Weatherill N.P. (Eds) *Handbook of Grid Generation*. CRC Press, Boca Raton, FL, 1999 (Chapter 8).
3. Fogg, H.J., Armstrong, C.G., Robinson, T.T. (2016). Enhanced medial-axis-based block-structured meshing in 2-D. *Computer-Aided Design*, 72, 87–101.