

Особенности расчета центростремительной турбины в программном комплексе Numeca

Р.М. Коптили, ведущий программист отдела ПО,
А.В. Гайнутдинов, заведующий учебно-научной лаборатории программных комплексов
численного моделирования,
Государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования Московской области
«Технологический университет», г. Королев, Московская область

В написанной статье рассматриваются процессы, протекающие в центростремительной турбине. Была проанализирована геометрия, выделены основные элементы, построена сетка. В ходе расчетной работы была составлена математическая модель для решения поставленной задачи, учтены входящие параметры и особенность геометрии. Расчеты проведены с помощью программного комплекса Numeca. В ходе работы было установлено влияние изменения температуры, на некоторые процессы, протекающие в предоставленной турбине.

Центростремительная турбина, рабочее тело, КПД, модель.

Features of the calculation of the centripetal turbine in the software Numeca

R.M. Koptilin, is a leading programmer of the Department software,
A.V. Gaynutdinov, head of educational-scientific laboratory of software systems of the numerical
simulation,
State Educational Institution of Higher Education
Moscow Region «University of technology», Korolev, Moscow region

In the article written, processes occurring in a centripetal turbine are considered. The geometry was analyzed, the main elements were selected, the grid was built. In the course of the calculation work, a mathematical model was developed to solve the problem posed, the incoming parameters and the geometry feature were taken into account. The calculations were carried out using the Numeca software. In the course of the work, it was established the effect of temperature changes on some processes occurring in the provided turbine.

Centripetal turbine, the working fluid, the efficiency of the model.

В настоящее время одной из актуальных задач аэрокосмического и энергетического машиностроения является повышение эффективности узлов и агрегатов, служащих для преобразования энергии (турбины, насосы, компрессоры). Общий уровень эффективности двигателя в значительной степени определяется эффективностью его узлов, в частности, турбины.

Объектом исследования в данной статье являются характеристики течения рабочего тела и влияние варьирования температурой на входе на расход и КПД турбины.

Данная задача решалась с помощью методов вычислительной газодинамики с использованием программного комплекса Numeca(Fine\Turbo). FINE/Turbo – первый в мире узкоспециализированный расчетный 3D-CFD программный комплекс (ПК) высокого уровня, ориентированный на решение специализированных задач турбомашиностроения (подходит для любых типов лопаточных машин), предназначен для CFD моделирования турбомашин, расчетный CAE программный комплекс высокого уровня, ориентированный на решение специализированных CFD задач турбомашиностроения и лопаточных машин [1]. FINE/Turbo является самым быстрым CFD пакет для вращающихся машин с несжимаемых и сжимаемых жидкостей от дозвуковых до гиперзвуковых режимов течения [2]. В основе решения лежит метод конечных объемов, использовалась математическая модель Навье-Стокса, модель турбулентности spalart-allmaras (extended wall function).

Для проведения моделирования была создана численная модель центростремительной, низкоперепадной турбины. Данная турбина входит в состав турбокомпрессора, который служит приводом генератора переменного тока. Исходная геометрическая модель расчетной области была

предоставлена конструкторским бюро химического машиностроения им. А.М. Исаева – филиал ФГУП «ГКНПЦ им. М.В. Хруничева» (рисунок 1).

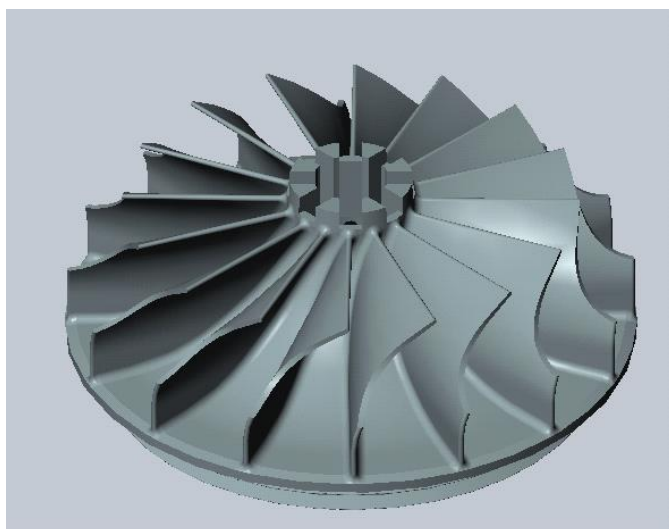


Рисунок 1 – Центростремительная турбина

Турбина центростремительная, низкоперепадная, данная турбина входит в состав турбокомпрессора, который служит приводом генератора переменного тока. Геометрия дополнительно была подготовлена в CAD системе:

- отделена поверхность галтелей от тела лопаток;
- продлены все лопатки за обводы (отрезаны перья от колеса и продлены) и оставлены только газодинамические поверхности: спинки, корытца и кромки без торцов;
- экспортированы отдельно поверхности обводов.

Таким образом, подготовленная геометрия должна выглядеть так:

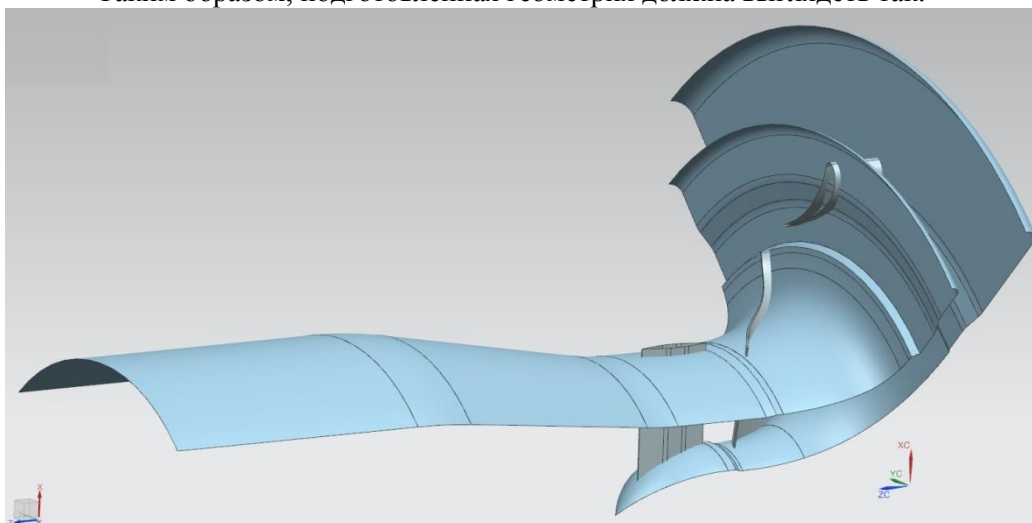


Рисунок 2 – Подготовленная геометрия

Для каждого венца импортированной геометрии была создана отдельная блочно-структурированная сетка, созданная с помощью средств программного комплекса Fine\Turbo, расчетная сетка при решении задачи оптимизации строилась с использованием встроенного сеточного генератора Autogrid5 (AG5). Первый венец при построении сетки имел следующие параметры: тип венца Return Channel, количество лопаток – 33, статор, венец состоит 774915 конечных объемов.

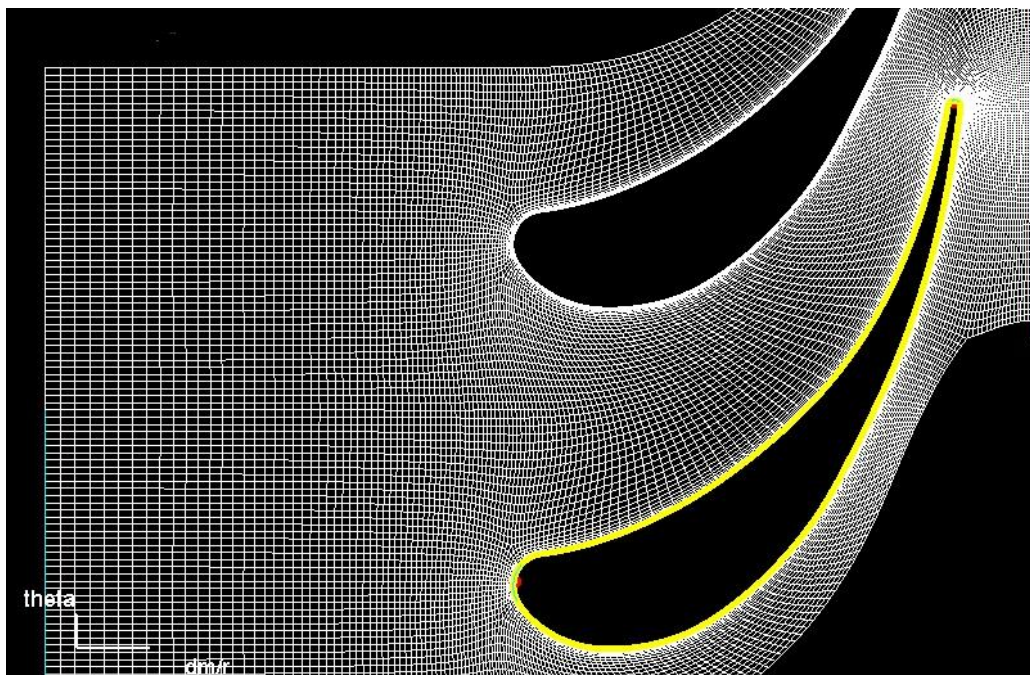


Рисунок 3 – Сгенерированная сетка 1-ого венца

Второй венец имел следующие параметры: тип венца Centrifugal Impeller, количество лопаток – 17, число оборотов 60000 и содержал 1120696 конечных объемов.

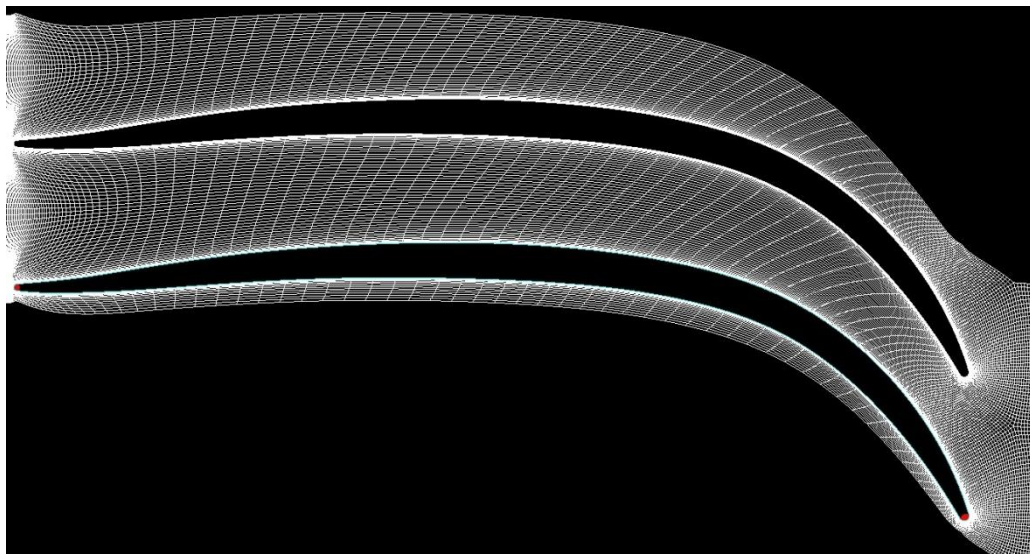


Рисунок 4 – Сгенерированная сетка 2-ого венца

Третий венец (крестовина) при построении сетки имел следующие параметры: тип венца Axial compressor и содержал 1403352 конечных объемов.

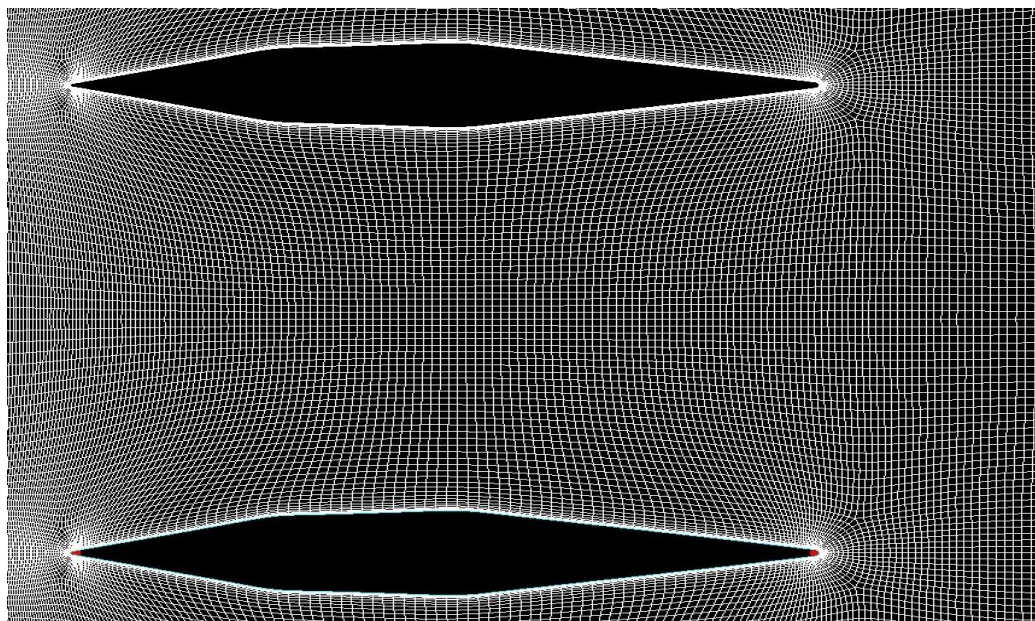


Рисунок 5 – Сгенерированная сетка 3-ого венца

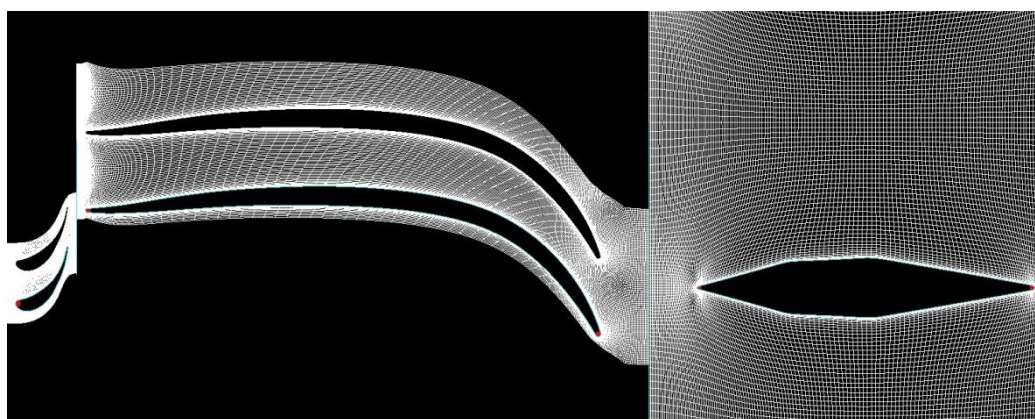


Рисунок 6 – Полная расчетная сетка

После операций по генерации сетки можно увидеть модель расчетной области:

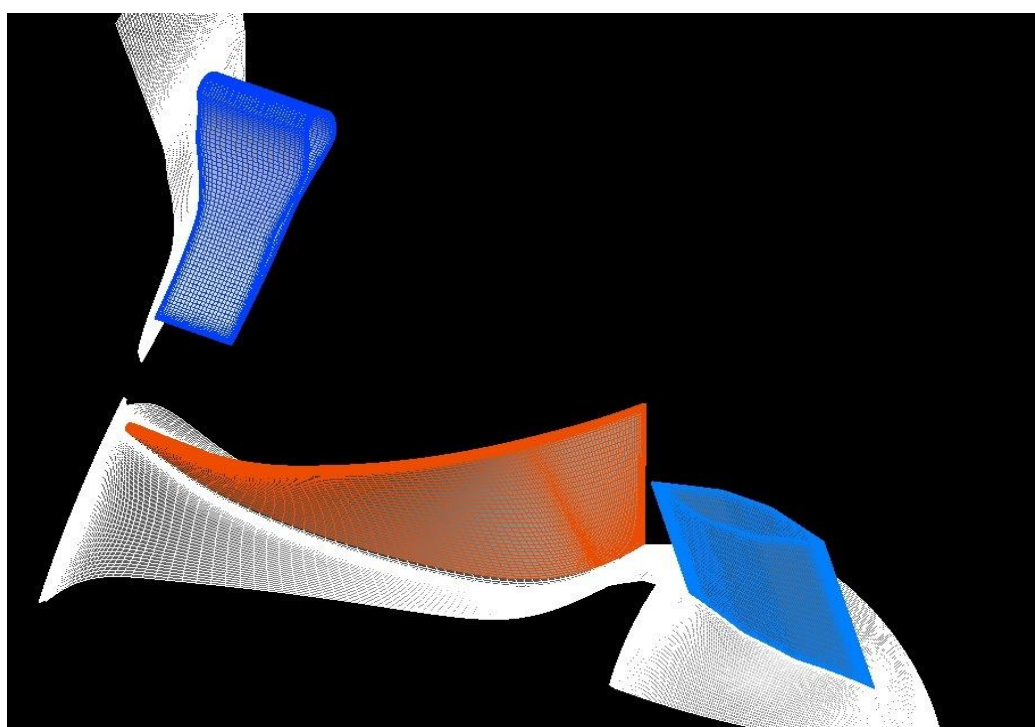


Рисунок 7 – 3-D модель расчетной области

Рабочее тело: гелиево – ксеноновая смесь (72%+18%).

В качестве граничных условий на входе турбины задавалось значение полного давления (3279000 Па); температура, согласно условиям поставленной задачи, варьировалась от 1500К до 1000К с шагом в 100К. В качестве граничного условия на выходе задавалось статическое давление (1370000 Па).

В стационарной постановке задачи расчет велся на протяжении 1000 итераций. Было проведено 6 расчетов при разных температурных режимах, результаты показаны в таблице и на графике.

Таблица 1 – Результаты моделирования

№ п/п	Граничные условия			Результаты		
	T1, К	P1, МПа	P2, МПа	Q, кг/с	π	η
1	1500	3,2	1,3	3,61	4,24	0,83
2	1400	3,2	1,3	3,74	4,22	0,83
3	1300	3,2	1,3	3,85	4,22	0,84
4	1200	3,2	1,3	3,96	4,22	0,85
5	1100	3,2	1,3	4,01	4,22	0,84
6	1000	3,2	1,3	4,17	4,26	0,83

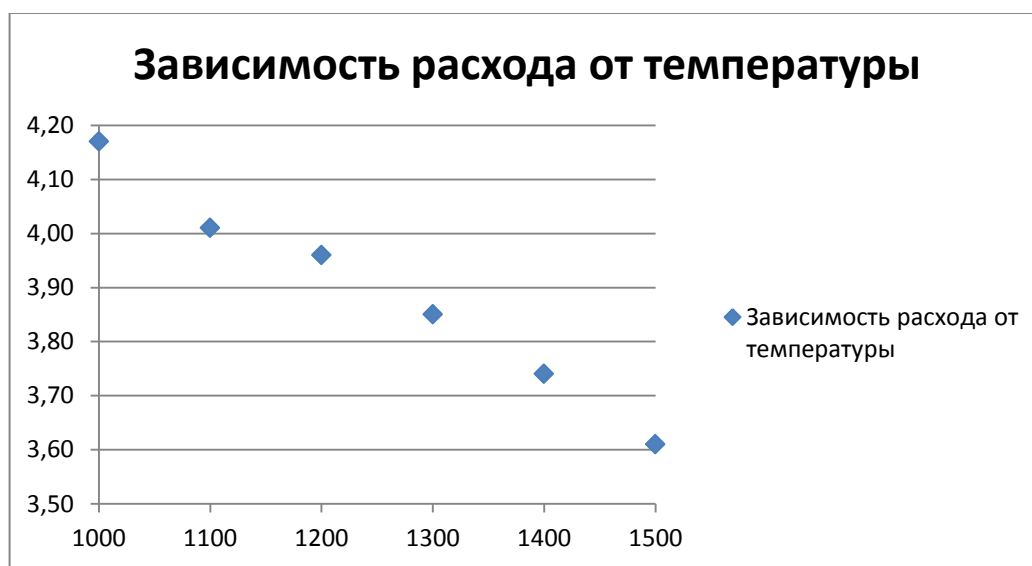


Рисунок 8 – График зависимости расхода от температуры

В ходе проведенных расчетов было показано, что, варьируя только температурой на входе, возможно, добиться увеличения КПД центростремительной турбины и увидеть зависимость расхода от температуры. Большее значение КПД может быть достигнуто путем оптимизации геометрии.

Литература

1. Fine/Turbo [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://http://www.numeca-gu.com/> (дата обращения: 01.11.2017).
2. Коптилин Р.М., Гайнутдинов А.В. Обзор рынка CAE решений для гидро-, газодинамики турбомашин // Информационно-технологический Вестник. № 3(13). 2017. С. 94-105.