

Таблица. Свойства бинарного льда при выбранных параметрах

Наименование	Значение	Ед. измерения
Параметры бинарного льда		
Концентрация льда	20	%
Размер кристаллов льда	0,5	мм
Скорость потока	1,5	м/с
Теплофизические и гидродинамические свойства		
Коэффициент теплопередачи	2900	Вт/(м ² ·К)
Потери давления при перекачивании	2100	Па/м
Динамическая вязкость	10,5	мПа·с

Литература

2. Kitanovski A., Poredos A. Concentration distribution and viscosity of ice slurry in heterogeneous flow // J Refr. – 2002. – V. 25(6). – P. 827–835.
3. Bedecarrats J.-P., Strub F. and Peuvrel C. Thermal and hydrodynamic considerations of ice slurry in heat exchangers // International Journal of Refrigeration. – 2009. – V. 32(7). – P. 1794–1800.
4. Круглов А.А., Тазитдинов Р.Р. Описание расчетной модели установки для получения «бинарного льда» методом вакуумно-выпарной кристаллизации // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Холодильная техника и кондиционирование. – 2016. – № 3. – С. 26–35.



Татаренко Юлия Валентиновна

Год рождения: 1975

Факультет низкотемпературной энергетики, кафедра холодильной техники и возобновляемой энергетики, к.т.н., доцент
e-mail: lavrtat@mail.ru



Данилова Алла Константиновна

Год рождения: 1994

Факультет низкотемпературной энергетики, кафедра холодильной техники и возобновляемой энергетики, группа № W4215
Направление подготовки: 16.04.03 – Холодильная, криогенная техника и системы жизнеобеспечения
e-mail: allukha@rambler.ru

УДК 621.515

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ГАЗОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ХОЛОДИЛЬНЫХ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ КОМПРЕССОРАХ

Татаренко Ю.В., Данилова А.К.

Научный руководитель – к.т.н., доцент Татаренко Ю.В.

Работа выполнена в рамках темы НИР № 615875 «Разработка научных основ проектирования отечественной конкурентоспособной низкотемпературной техники».

В работе рассмотрены современные методы получения численных характеристик ступеней холодильных центробежных компрессоров (ХЦК) на примере программного комплекса Numesa. Приводится описание основных оболочек для импортирования геометрии ХЦК, генерации сетки на основании импортированной геометрии и преобразование полученных результатов численного моделирования. Данный пакетный комплекс обладает рядом достоинств по сравнению с другими CFD-комплексами, а именно понятный интерфейс, и все термины, с которыми приходится сталкиваться, привычны для исследователя, работающего в турбомашиностроении.

Ключевые слова: математическая модель, проектирование, сетка, программный комплекс, турбокомпрессор.

Как известно на предприятиях, которые специализируются на разработке и изготовлении турбохолодильных машин, за многие годы накоплен большой экспериментальный материал, на основании которого и создавались различные типоразмеры турбокомпрессоров. Чаще всего он представлен в виде характеристик модельных ступеней, фрагментов характеристик или параметров отдельных режимов работы полноразмерных машин [1]. В настоящее время физический эксперимент требует создания сложной и дорогостоящей экспериментальной базы, а также длительного времени для подготовки и проведения опытов, поэтому необходимо искать новые способы для получения и оптимизации уже созданных ступеней холодильных центробежных компрессоров (ХЦК). С одной стороны, можно воспользоваться методом математического моделирования, который является весьма актуальным при сложившейся экономической ситуации в настоящее время, но с помощью полученных в результате данных невозможно увидеть, что происходит внутри ступени. Таким образом, авторы приходят к тому, что необходимо использовать новые пакетные продукты для расчета численных характеристик ХЦК.

На данный момент предприятия, занимающиеся проектированием и изготовлением турбомашин, в основном апробированы на несколько пакетных продуктов, а именно – Numesa и Ansys [2–4].

При проектировании нового ХЦК или оптимизации ступени ХЦК необходимо придерживаться следующей последовательности:

1. создание модели и импорт ее в программный комплекс;
2. построение и генерация расчетной сетки;
3. визуализация;
4. запуск решателя;
5. анализ полученных данных и корректировка созданной модели.

В работе более подробно остановились на программном комплексе Numesa, и внимание было обращено на очевидные положительные стороны данного комплекса. Программный комплекс Numesa содержит программу Fine/Turbo – для CFD-моделирования турбомашин.

Программа Fine/Turbo может моделировать вязкие/невязкие, сжимаемые/несжимаемые вещества (имеется встроенная библиотека рабочих веществ NIST, также возможно задавать любые рабочие вещества вручную через процентный состав всех составляющих смеси), ламинарные и турбулентные течения газа, ламинарно-турбулентный переход, стационарные и нестационарные течения.

На определенных этапах численного моделирования используются следующие программные оболочки – AutoBlade, AutoGrid, CFView.

AutoBlade – комплекс, позволяющий импортировать спроектированную геометрию турбокомпрессора, отображать ее в графическом режиме, используя термины турбомашиностроения (хорда, углы входа и выхода и т.п.).

AutoGrid – автоматический блочно-структурированный сеточный генератор проточных частей лопаточных машин. Комплекс с прямой интеграцией с AutoBlade. Данный комплекс предоставляет возможность генерации сеток со сложными

геометрическими особенностями проточных частей. Важно отметить, что созданные в данном комплексе сгенерированные сетки возможно использовать и в других CFD-программных комплексах. Общий вид окна программы AutoGrid с построенной расчетной сеткой представлен на рис. 1. Программа позволяет визуализировать качество построенной сетки в виде таблицы и диаграммы, представленные на рис. 2.



Рис. 1. Скрин окна программы AutoGrid с построенной расчетной сеткой

CFView – комплекс для визуализации решения (отображение качественных и количественных характеристик производимых расчетов).

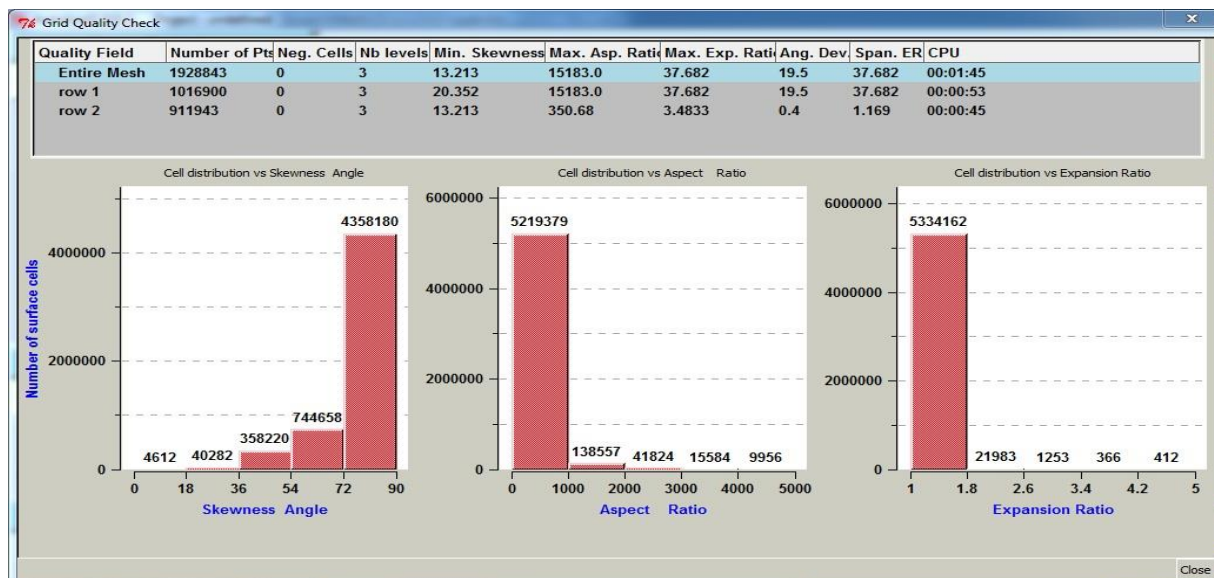


Рис. 2. Визуализация качества построенной сетки

NLN – данный метод применяется для быстрого получения нестационарного решения для многоступенчатых турбомашин.

С помощью данных программных комплексов можно проанализировать только работу турбохолодильной машины, а как мы помним, холодильная машина еще содержит теплообменные аппараты и регулирующее устройство. Не стоит забывать, что массогабаритные и энергетические показатели зависят и от теплоэнергетической эффективности самих теплообменных аппаратов. В связи с этим необходимо оценивать вновь создаваемые холодильные

машины с турбокомпрессорами с учетом всего оборудования, а для этого должен быть применен аппарат математического моделирования с целью создания математической модели холодильной машины с турбокомпрессором.

Кроме того, простота пользовательского интерфейса, логическое использование вложенных программ делает комплекс Fine/Turbo привлекательным для использования в учебном процессе, чтобы студенты могли получить современные знания для проектирования и оптимизации ступеней ХЦК.

Литература

1. Бухарин Н.Н. Моделирование характеристик центробежного компрессора. – Л.: Машиностроение, Ленингр. отделение, 1983. – 214 с.
2. Басов К.А. Ansys: справочник пользователя – М.: ДМК Пресс, 2014. – 640 с.
3. Басов К.А. Ansys для конструкторов. – М.: ДМК Пресс, 2012 – 248 с.
4. Батулин О.В., Морозов И.И., Матвеев В.Н. Расчет течений жидкостей и газов с помощью универсального программного комплекса. Часть 3. Работа в программе Fluent. – Самара: Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2008. – 115 с.



Татаренко Юлия Валентиновна

Год рождения: 1975

Факультет низкотемпературной энергетики, кафедра холодильной техники и возобновляемой энергетики, к.т.н., доцент

e-mail: lavrtat@mail.ru



Коровин Антон Витальевич

Год рождения: 1986

Факультет низкотемпературной энергетики, кафедра холодильной техники и возобновляемой энергетики, группа № W4115

Направление подготовки: 16.04.03 – Холодильная, криогенная техника и системы жизнеобеспечения

e-mail: anton5042@mail.ru



Остапенко Максим Федорович

Год рождения: 1994

Факультет низкотемпературной энергетики, кафедра холодильной техники и возобновляемой энергетики, группа № W4115

Направление подготовки: 16.04.03 – Холодильная, криогенная техника и системы жизнеобеспечения

e-mail: maks_07@mail.ru

УДК 621.57

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ХОЛОДИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Татаренко Ю.В., Коровин А.В., Остапенко М.Ф.

Научный руководитель – к.т.н., доцент Татаренко Ю.В.

Работа выполнена в рамках темы НИР № 615875 «Разработка научных основ проектирования отечественной конкурентоспособной низкотемпературной техники».