

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА СЖАТИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ГАЗА В ЦЕНТРОБЕЖНОМ КОМПРЕССОРЕ Н-400-21-1С

Шаманин С.Ю., Блинов В.Л.

Уральский федеральный университет г. Екатеринбург, Россия

shamanin0090@gmail.com, vithomukyn@mail.ru

Аннотация. в настоящей работе представлена разработанная численная модель центробежного компрессора природного газа, описаны результаты моделирования течения в его проточной части, представлено сравнение с экспериментальными данными.

Ключевые слова: центробежный компрессор; характеристика; вычислительная газовая динамика; верификация.

MODELING OF THE COMPRESSION PROCESS OF TECHNOLOGICAL GAS IN THE N-400-21-1C CENTRIFUGAL COMPRESSOR

Shamanin S., Blinov V.

Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia

Abstract. in this paper we present the developed numerical model of a natural gas centrifugal compressor, describe the results of flow simulation in its flow section, and compare it with the experimental data.

Key words: centrifugal compressor; characteristic; computational fluid dynamics; verification.

Центробежные машины – это турбокомпрессоры, предназначенные для непрерывного повышения давления поступающего рабочего тела [1, 2]. Определить эффективность спроектированного центробежного компрессора (ЦБК) и получить параметры его работы можно двумя путями: экспериментальным и расчетным. [2, 3].

В качестве объекта исследования был выбран нагнетатель типа 400-21-1С (рис. 1), поставляемый для газоперекачивающего агрегата (ГПА) мощностью 32 МВт, предназначенного для перекачивания газа по отечественным магистральным газопроводам. Целью настоящей работы является моделирование процесса сжатия технологического газа и атмосферного воздуха

в проточной части (ПЧ) ЦБК, получение его газодинамических характеристик, а также верификация построенной численной модели.

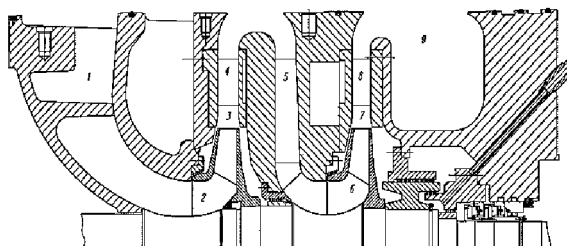


Рисунок 1 - Эскиз проточной части нагнетателя в меридиональной плоскости:

1 - Входной патрубок; 2,6 – Рабочее колесо;
3,7 – Безлопаточный диффузор; 4,8 – Лопаточный диффузор; 5 –
Обратный направляющий аппарат; 9 – Выходное устройство

Для построения геометрической модели использовались данные, представленные в [3]. В качестве примера на рис. 2 изображена геометрическая модель рабочего колеса (РК) ЦБК. После обработки геометрической модели была создана её конечно-элементная модель, т.е. область пространства, в которой проводится исследование [4].

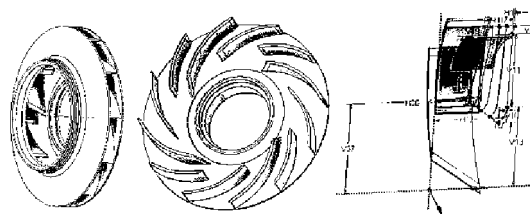


Рисунок 2 - Пример построения рабочего колеса ЦБК

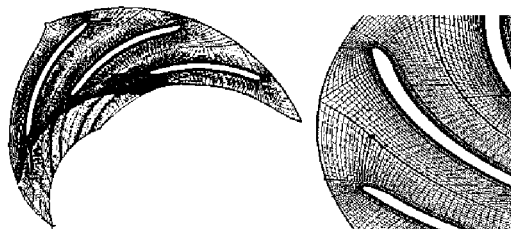


Рисунок 3 - Сетка РК первой ступени

Количество элементов каждого домена РК составило около 400000 ячеек, а для доменов лопаточных диффузоров (ЛД) и обратно-направляющего аппарата (ОНА) – 320000 и 300000, соответственно. Для примера на рис. 3 представлена расчетная сетка домена РК первой ступени ЦБК.

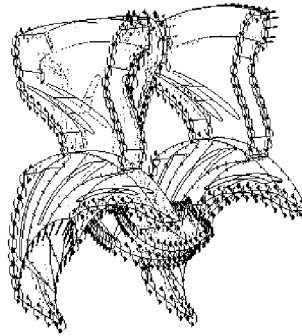


Рисунок 4 - Схема задания граничных условий

Для расчёта была принята низкоренольдсовая двухпараметрическая модель турбулентности k-ε.

Сравнение результатов моделирования работы ЦБК при рабочем теле метан с паспортной характеристикой представлено на рис. 5, а сравнение результатов моделирования при рабочем теле идеальный воздух с данными эксперимента – на рис. 6. В целом характер отклонения результатов моделирования от характеристик, принятых за достоверные, в обоих случаях аналогичен.

Сравнение осуществлялось по режимам с равной степенью сжатия. В обоих случаях на режимах с маленькой степенью сжатия результаты вычислений объемного расхода были завышены примерно на 10 – 15%. До определенного момента такая погрешность расхода является систематической, а потом погрешность начинается уменьшаться.

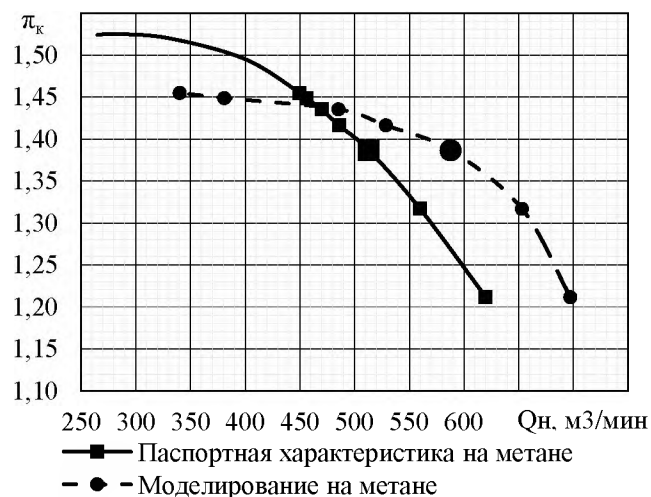


Рисунок 5 - Расчётная характеристика на метане

На режимах с большой степенью сжатия результаты моделирования по объемному расходу в обоих случаях были занижены. Так же отчетливо видно, что в результате моделирования не была получена максимальная степень сжатия. Ветка характеристики полученной в результате моделирования имеет меньший

диапазон устойчивой работы, помпаж компрессора наступил раньше, чем при реальной работе компрессора.

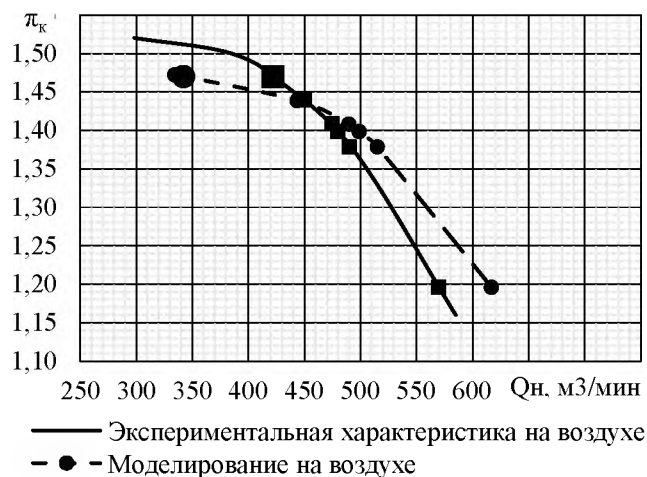


Рисунок 6 - Расчётная характеристика Air Ideal Gas

На основании анализа данных исследования получено, что расчет на метане является более точным, чем расчет на идеальном воздухе. Погрешность вычисления номинального режима по объёмному расходу при моделировании реального газа метан составляет 12,71%, а при моделировании идеального воздуха – 22,67%. После пересчета точки характеристики с воздуха на метан составила 22,67%. Значения политропного КПД ЦБК, полученные при численном исследовании, несколько превышают паспортные данные.

В настоящем исследовании построена геометрическая и численная модель проточной части центробежного компрессора типа Н-400-21-1С. Анализ результатов сравнения численного моделирования течения в компрессоре с данными экспериментальных исследований на воздухе и паспортными данными при работе ЦБК на природном газе установлено, что разработанная модель завышает объемный расход рабочего тела через ЦБК на режимах с маленькой степенью сжатия и занижает его на режимах с большой степенью сжатия.

В проведенном исследовании расписаны принятые допущения в модели, проведен анализ их возможного влияния на полученные результаты. Дальнейшим направлением исследования является поочередное исключение принятых допущений с целью оценки их влияния на рассчитанную характеристику центробежного компрессора.

Список литературы

1. Ревзин Б.С. Газоперекачивающие агрегаты с газотурбинным приводом: учебное пособие / Б.С. Ревзин 2-е изд., стер. Екатеринбург: ГОУ УГТУ-УПИ, 2002. 269 с.

2. Турбокомпрессоры: Учеб. пособие / Ю. Б. Галеркин, Л. И. Козаченко. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2008. – 374 с.

3. Зеленина Э. Р. Моделирование газодинамических характеристик двухступенчатого центробежного компрессора природного газа мощностью $N=32$ МВт и отношением давления $\Pi^*=1,4$ при испытаниях на воздухе в программном комплексе ANSYS CFX при различных типах расчётных сеток. // Диссертация на соискание степени магистра. Санкт-Петербург. ФГАОУ ВО СПбГПУ, 2014.

4. Батулин О.В. Исследование рабочего процесса центробежного компрессора с помощью численных методов газовой динамики: учеб. пособие / Батулин О.В., Колмакова Д.А., Матвеев В. Н. – Самара: Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2013. – 160 с.: ил.

ОПОРЫ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ИЗ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Балясова Д.А., Голубь Н.В., Клевакина О.В.

Екатеринбургский энергетический техникум, г. Екатеринбург, Россия

daryabalvasova@yandex.ru, klevak.olga@mail.ru

Аннотация. Композитные опоры воздушных линий электропередач — новый тип мачтовых конструкций. Характеристики современных композиционных материалов придают опорам этого типа ряд необычных для других типов опор свойств, представляющих определенный интерес с точки зрения снижения затрат на монтаж и повышения эксплуатационной надежности воздушных линий электропередач. [1,4] Композитом называется неоднородный сплошной материал, состоящий из двух или более функционально различающихся компонентов, имеющих четкие границы, при этом свойства композита определяются не только и не столько свойствами самих компонентов, сколько их пространственным расположением и характером взаимодействия. Использование композитных траверс позволяет уменьшить горизонтальные габариты применяемых стоек и увеличить длину пролетов.

К недостаткам опор из композитных материалов следует отнести относительно высокую цену и решение вопроса стабилизации связующего полимерного наполнителя к действию солнечного излучения. [2,7]