***Н.А. Волгина А.А, маг.; Ямалтдинов, асп.;***

***рук. А.Ю. Рябчиков д.т.н., с.н.с.***

***(УрФУ, г. Екатеринбург)***

**ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕЧЕНИЯ ВЛАЖНОГО ПАРА В ЧАСТИ НИЗКОГО ДАЛЕНИЯ ПАРОВОЙ ТУРБИНЫ**

Совершенствование проточных частей паровых турбин в настоящее время достигается путем более точного учета особенностей течения пара одновременно во всех ступенях, используя метод вычислительной газогидродинамики, сроки выполнения и стоимость которого несопоставимо ниже, чем проведение натурного эксперимента [1].

С целью анализа течения влажного пара одновременно во всех ступенях части низкого давления (ЧНД) было проведено численное моделирование ЧНД турбины Т-250/300-240, используя лицензионный программный комплекс ANSYS CFX v14, в следующей последовательности:

1. Построение трехмерной модели ЧНД.
2. Наложение на 3D модель сетки контрольных объемов.
3. Задание граничных условий и свойств вещества.
4. Расчет.
5. Верификация.

ЧНД турбины Т-250/300-240 производства «Уральского турбинного завода» (УТЗ) представляет собой двухпоточный цилиндр низкого давления (ЦНД), в каждом потоке которого выполнено по три ступени. Первая ступень является регулирующей с поворотной диафрагмой, высоты последующих рабочих и направляющих лопаток плавно возрастают. Рабочие лопатки последней ступени имеют длину 940 мм.

Для решения задачи численного моделирования с помощью программы Creo Parametric построена трехмерная модель правого потока ЦНД.

Сеточная модель, созданная в TurboGrid, лопаточных венцов направляющего аппарата и рабочего колеса каждой ступени ЧНД (рассматривалась периодическая часть, содержащая одну лопатку) состоит из гексаэдральных элементов. Количество узлов на венец увеличивалось с увеличением высот лопаток. Общее количество элементов составляет более 3,7 млн.

В численной модели в качестве рабочей среды принята двухкомпонентная двухфазная смесь – влажный пар, один из компонентов которой является сплошным – пар, а другой дисперсным - влага. Сплошная среда моделировалась в рамках вязкого теплопроводного реального газа. В данных моделях трехмерное течение рабочего тела описывается полной системой уравнений Навье-Стокса, осредненной по Рейнольдсу [2]. Для решения этой задачи использовалась двухпараметрическая дифференциальная модель Ментера SST. Как показала практика решения подобных задач, данная модель обладает хорошей точностью получаемых результатов. Используемый тип осреднения на границах расчетной области между соседними венцами – «Stage» [3]. Стационарная задача рассматривалась при сочетании граничных условий – полные параметры потока на входе (Р\*- давление и Т\*-температура) и статическое давление на выходе. Критерием сходимости расчета являлось установление основных интегральных характеристик потока при достижении минимального значения величин их среднеквадратичных невязок.

Верификация результатов расчета (табл.1) показала, что значения, полученные при решении задачи численного моделирования течения пара в ЧНД, отличаются от значений теплового расчета ЧНД УТЗ не более чем на 4 %.

**Табл. 1 –Верификация результатов расчета**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Наименование величины | Результаты расчета | Значения теплового расчета |
| Полное давление на входе | 98064 Па | 101325 Па |
| Полная температура на входе | 403,15 К | 404,15 К |
| Статическое давление на выходе | 6478,4 Па | 6687,45 Па |
| Расход на входе | 96 кг/с | 92,3 кг/с |
| Расход на выходе | 91,1 кг/с | 88 кг/с |

Таким образом, использование метода численного моделирования с заданием двухфазной среды позволило провести анализ трехмерного течения проточной части низкого давления турбины Т-250/300-240 УТЗ и получить результаты близкие к результатам тепловых испытаний.

**Библиографический список**

1. Шубенко А.Л., Швецов В.Л., Голощапов В.Н., Солодов В.Г., Алехина С.В. Совершенствование термогазодинамических характеристик проточных частей мощных паровых турбин. Х.: Цифровая типография № 1, 2013. – 172 с.
2. Русанов А.В., Ершов С.В. Математическое моделирование нестационарных газодинамических процессов в проточных частях турбомашин; Монография. – Харьков, ИПМаш НАН Украина, 2008. – 275 с.
3. Шелковский М.Ю. Параметрическое исследование газодинамических характеристик компрессорных решеток. Проблемы машиностроения. 2012. Т. 15. № 3-4. С 27-36.