

УДК 533

РАСЧЕТ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТУРБИНЫ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ ДВИГАТЕЛЯ E³-GE

КУДРЯШОВ ИВАН АЛЕКСАНДРОВИЧ,
РАЩУПКИНА АНАСТАСИЯ ВАЛЕРЬЕВНА,
СУЛЕЙМАНОВ АРТУР РОБЕРТОВИЧ

студенты

ФГАОУ ВО «Самарский национальный исследовательский университет
имени академика С.П. Королева» (Самарский университет)

Аннотация: В представленной работе рассматривается расчет характеристики турбины высокого давления двигателя E³-GE. Моделирование рабочего процесса турбины производилось в программном комплексе NUMECA. Исходные данные для построения геометрии лопаток, проточной части, а также граничные условия получены из технических отчетов NASA.

Ключевые слова: турбина, характеристика, лопаточные машины, газодинамика, моделирование.

CALCULATION OF THE CHARACTERISTICS HIGH-PRESSURE TURBINE OF E3-GE ENGINE

Kudryashov Ivan Aleksandrovich,
Raschupkina Anastasia Valerievna,
Suleimanov Arthur Robertovich

Abstract: In the present paper, the calculation of the characteristics of the high-pressure turbine of the E3-GE engine is considered. The turbine workflow was modeled in the NUMECA software package. Baseline data for constructing the geometry of the blades, the flow part, as well as the boundary conditions are obtained from NASA technical reports.

Key words: turbine, characteristic, blade machines, gas dynamics, modeling.

Численное моделирование — активно развивающееся направление моделирования рабочих процессов ГТД в различных специализированных программных пакетах таких как NUMECA FINE™/Turbo, ANSYS и др. Оно имеет такой ряд достоинств, как: экономия времени, затрат, возможность визуализации объекта исследования, многократные испытания и т.д. В данной работе была рассчитана характеристика турбины высокого давления двигателя E³-GE (рис. 1).

Таким образом, целью данной работы является создание численной модели турбины высокого давления газотурбинного двигателя E3-GE и дальнейшая её верификация. Для этого были поставлены такие задачи как: получение геометрической модели турбины высокого давления с помощью исходных данных, построение сеточной модели в программном обеспечении NUMECA AutoGrid5, расчет полученной численной модели в программном обеспечении как NUMECA FINE™/Turbo. Исходные данные по геометрии профилей лопаток и меридиональному сечению тракта были взяты из отчёта NASA [1, с. 118].

Для профилирования лопаток турбины высокого давления в программном обеспечении Profiler по заданным координатам были созданы сечения каждой лопатки турбины (рис. 2). Каждая лопатка построена по трём сечениям: втулочное, среднее и периферийное.

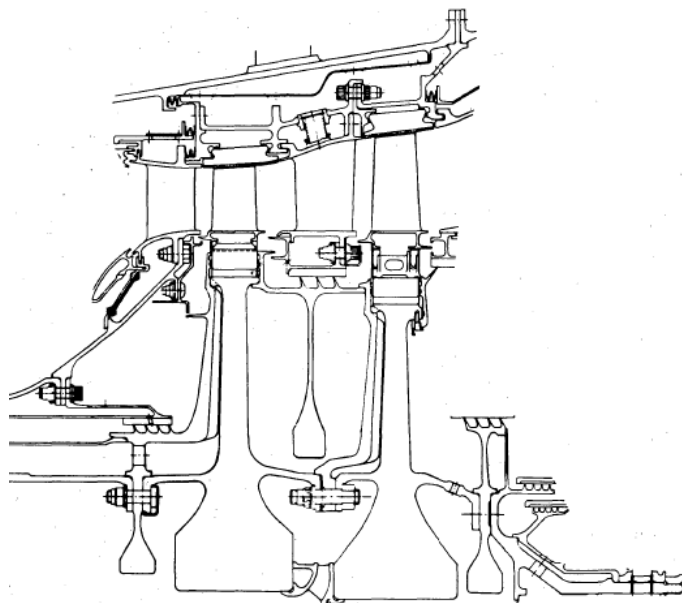


Рис. 1. Турбина высокого давления двигателя E3-GE

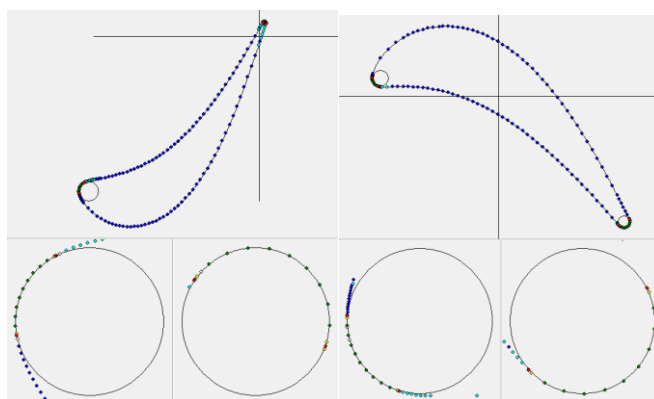


Рис. 2. Построенные профили средних сечений СА и РК турбины высокого давления в программном обеспечении Profiler

Все полученные геометрические модели были перенесены для расчетов в программное обеспечение NUMECA, в котором выполнялся расчёт (рис. 3).

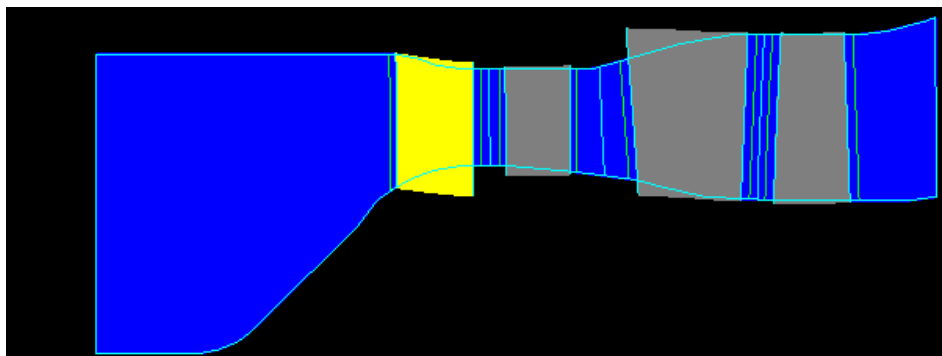


Рис. 3. Геометрическая модель турбины высокого давления в программном обеспечении NUMECA

Создание сеточной модели выполнено в программном обеспечении NUMECA AutoGrid5 (рис. 4) [2, с. 22].

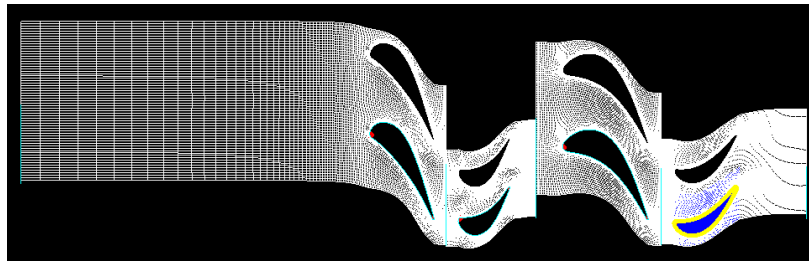


Рис. 4. Сеточная модель турбины высокого давления

Расчет производился с использованием модели идеального газа Air (Real gas). Для расчета задавалась математическая модель Turbulent Navier-Stokes, а модель турбулентности была выбрана Spalart-Allmaras. Граничными условиями являлись полное давление газа на входе в турбину $p_r^* = 1241056$ Па, полная температура газа на входе в турбину $T_r^* = 1520,928$ К и статическое давление на выходе из турбины высокого давления $p_r = 234648,56$ Па, которые были известны из технического отчета. Расчёт выполнялся при частоте оборотов турбины $n = 12520 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$ (рис. 5).

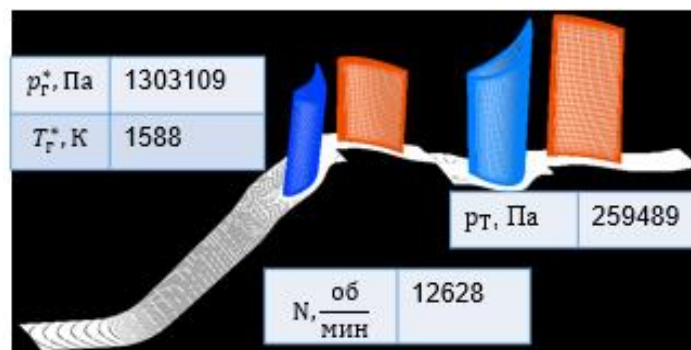


Рис. 5. Граничные условия для расчета

Следующим шагом была рассчитана данная математическая модель. Из документации была известна характеристика турбины, представляющая собой зависимость π_T^* от $\frac{N}{\sqrt{T_r^*}}$ при различных $\frac{P_r^*}{P_r}$, где π_T^* - перепад полного давления турбины, N – частота вращения турбины, T_r^* - температура газа, P_r^* - полное давление газа на входе в турбины, P_r – статическое давление газа на выходе из турбины. С ней была сопоставлена рассчитанная ветка характеристики турбины созданной математической модели и найдена рабочая точка (рис. 6). В результате расчета расхождение составило не более 2%.

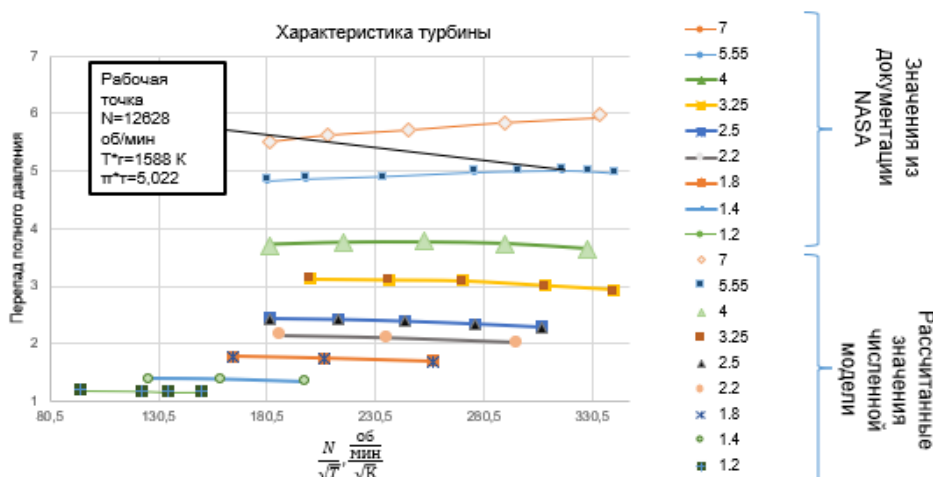


Рис. 6. Характеристика турбины высокого давления

В результате работы была сделана геометрическая модель турбины, сеточная и в конечном итоге численная модель с посчитанной характеристикой турбины высокого давления. В дальнейшем планируется исследовать влияние параметров численной модели на результаты расчета.

Список литературы

1. Timko L.P., ENERGY EFFICIENT ENGINE HIGH PRESSURE TURBINE COMPONENT TEST PERFORMANCE REPORT, 1985.
2. Попов Г.М. Численное моделирование рабочего процесса и расчета характеристик вентилятора ГТД с помощью методов вычислительной газовой динамики [Электронный ресурс]: электрон. учеб. пособие / Г.М. Попов, Е.С. Горячкин, Ю.Д. Смирнова; О.В. Батурин Минобрнауки России, Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. С. П. Королева (нац. исслед. ун-т). - Электрон. текстовые и граф. дан. (11,4 Мбайт). - Самара, 2014