

РАСЧЁТ И ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ОСЕВОЙ ТУРБИННОЙ СТУПЕНИ С ПОСТРОЕНИЕМ ДИАГРАММЫ СМИТА

Волков А.А., Желтов К.В., Уткин А.А.

ПАО «ОДК-Кузнецов», г. Самара, a44rey@yandex.ru

Ключевые слова: осевая турбина, диаграмма Смита, кинематика потока, потери энергии, КПД, Python.

При проектировании осевых турбин важным этапом является анализ кинематики потока, потерь энергии и КПД ступени в широком диапазоне режимных параметров. Диаграмма Смита (зависимость углов, скоростей, КПД от коэффициента расхода c_{a1}/U и коэффициента нагруженности μ) позволяет наглядно оценить влияние этих параметров. Однако расчёт вручную трудоёмок, а существующие программные средства часто не обладают достаточной гибкостью и интерактивностью.

Цель работы – создание программы на языке Python с графическим интерфейсом, позволяющей:

- выполнять полный термогазодинамический расчёт турбинной ступени;
- визуализировать ключевые характеристики в виде двумерных контурных графиков;
- интерактивно изменять входные параметры и мгновенно наблюдать результат;
- выделять проектную точку на всех графиках.

В основе программы лежат уравнения кинематики и эмпирические зависимости для потерь [1].

Входные параметры:

- ρ (степень реактивности);
- $K = c_{2a} / c_{1a}$ (отношение осевых скоростей);
- α_0 (угол выхода потока из соплового аппарата, град);
- Z_{SA}, Z_{RK} (число лопаток соплового аппарата и рабочего колеса);
- r_{te_SA}, r_{te_RK} (радиусы выходных кромок, м).

Переменные параметры (образуют сетку 121×121):

- $\mu = L / U^2$ (коэффициент нагруженности);
- c_{1a}/U (коэффициент расхода).

Пользователь может варьировать любой входной параметр, и все графики мгновенно перестраиваются. Например, увеличение степени реактивности ρ приводит к росту углов α_1 и β_2 , а зона максимального КПД смещается в сторону больших μ . Изменение числа лопаток влияет на кромочные потери, что хорошо видно на соответствующих контурах.

Программа позволяет быстро оценить влияние конструктивных и режимных факторов на эффективность турбины, что особенно полезно на начальных этапах проектирования.

Разработанный программный комплекс обеспечивает:

- автоматизированный расчёт осевой турбинной ступени по общепринятым газодинамическим моделям;
- интерактивную визуализацию зависимостей в формате диаграммы Смита;
- удобный графический интерфейс с возможностью оперативного изменения параметров, импорта/экспорта конфигурации.

На рис. 1 показано окно программы.

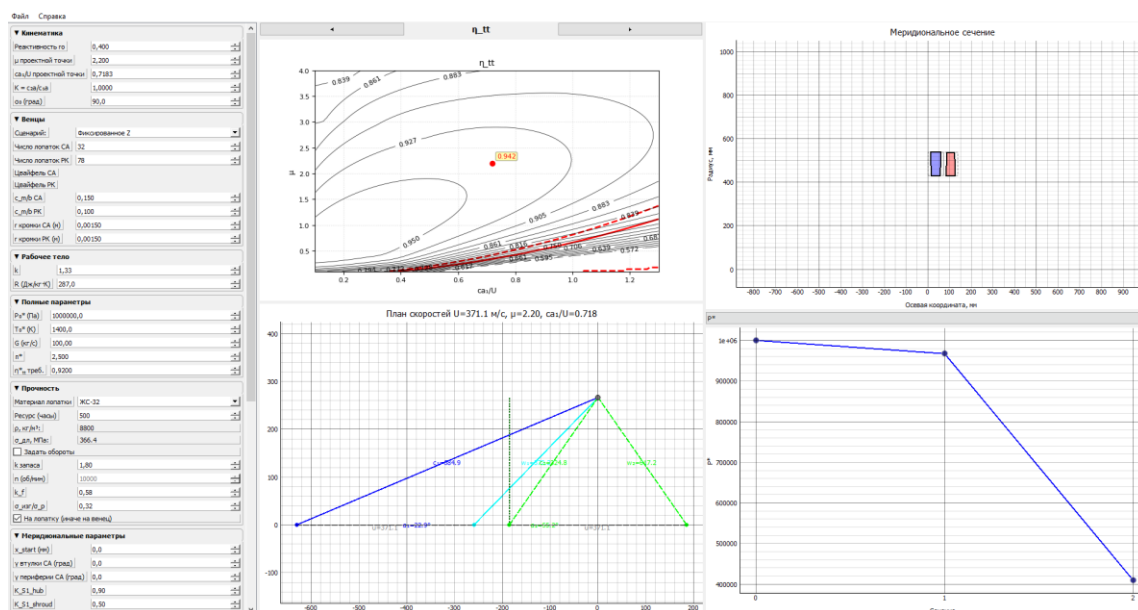


Рис. 1 – Внешний вид программы

Программа может быть использована в учебном процессе (курсовое и дипломное проектирование), а также как инструмент для предварительных исследований при проектировании турбомашин. Код легко модифицируется для добавления новых моделей потерь или дополнительных графиков.

Работа выполнена при финансовой поддержке министерства науки и высшего образования Самарской области.

Список литературы

1. Холщевников К.В., Емин О.Н., Митрохин В.Т. Теория и расчёт авиационных лопаточных машин. – М.: Машиностроение, 1986. – 432 с.

Сведения об авторах

Волков А.А. – область научных интересов: исследование рабочих процессов в лопаточных машинах.

Желтов К.В. – область научных интересов: исследование рабочих процессов в лопаточных машинах.

Уткин А.А. – область научных интересов: исследование рабочих процессов в лопаточных машинах.

CALCULATION AND VISUALIZATION OF AXIAL TURBINE STAGE PARAMETERS WITH SMITH DIAGRAM CONSTRUCTION

Volkov A.A., Jeltov K.V., Utkin A.A.,
JSC Kuznetsov, Samara, Russia,
a44rey@yandex.ru

Keywords: axial turbine, Smith chart, flow kinematics, energy losses, efficiency, Python

A software tool with a graphical user interface has been developed for thermodynamic and gas-dynamic analysis of an axial turbine stage. The program provides interactive calculation of flow kinematics, energy losses, and efficiency while constructing Smith diagrams as 2D contour plots. It enables rapid parametric studies and is suitable for both educational purposes and preliminary turbomachinery design.