

## ИНТЕРАКТИВНАЯ ПРОГРАММА ДЛЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ МЕРИДИОНАЛЬНОГО СЕЧЕНИЯ ОСЕВОЙ ТУРБИННОЙ СТУПЕНИ

Волков А.А., Шляховский Н.А., Бикбова А.В.  
ПАО «ОДК-Кузнецов», г. Самара, a44rey@yandex.ru

*Ключевые слова: осевая турбина, меридиональное сечение, проточная часть, сопловой аппарат, рабочее колесо, интерактивная визуализация.*

При проектировании осевых турбин важным этапом является формирование меридионального сечения проточной части – определение формы и размеров соплового аппарата (СА) и рабочего колеса (РК), радиальных зазоров, углов раскрытия втулки и периферии [1]. Существующие расчёты часто выполняются в разрозненных скриптах или электронных таблицах, что затрудняет оперативный анализ влияния конструктивных параметров на форму проточной части.

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

1. Выполнять параметрический расчёт геометрии меридионального сечения турбинной ступени.
2. Визуализировать полученные контуры проточной части, лопаток СА и РК.
3. Интерактивно изменять все варьируемые параметры и мгновенно наблюдать результат.

В основе программы лежит класс Meridional, реализующий алгоритм расчёта проточной части. Расчёт использует следующие исходные параметры.

1. Характерный диаметр (относительный):  $D_{mean}/h_2$ .
2. Углы раскрытия втулки и периферии для СА и РК (градусы):  $\gamma_{sa\_hub}$ ,  $\gamma_{sa\_shroud}$ ,  $\gamma_{rk\_hub}$ ,  $\gamma_{rk\_shroud}$ .
3. Радиальный зазор (мм):  $d_{rad\_zazor}$ .
4. Масштабные коэффициенты, позволяющие варьировать высоту РК, ширину венцов в корневом и периферийном сечениях, осевой зазор:  $K_{h2}$ ,  $K_{S2\_hub}$ ,  $K_{S2\_shroud}$ ,  $K_{d\_os}$ ,  $K_{S1\_hub}$ ,  $K_{S1\_shroud}$ .
5. Частота вращения ротора (об/мин):  $n$ .

Алгоритм последовательно вычисляет следующие параметры.

1. Диаметры и высоты на входе в СА ( $D_{0sl}$ ,  $h_{0\_sl}$ ), на выходе из СА ( $D_{1sl}$ ,  $h_{1\_sl}$ ), на входе в РК ( $D_{1rb}$ ,  $h_{1\_rb}$ ) и на выходе из РК ( $D_2$ ,  $h_2$ ).
2. Ширины венцов в меридиональной плоскости ( $S_{1hub}$ ,  $S_{1mean}$ ,  $S_{1shroud}$ ,  $S_{2hub}$ ,  $S_{2mean}$ ,  $S_{2shroud}$ ) с учётом заданных углов раскрытия.
3. Координаты характерных точек контура проточной части (втулка, периферия), а также четырёхугольников, описывающих форму лопаток СА и РК.
4. Все промежуточные величины рассчитываются по эмпирическим формулам, полученным из обработки статистических данных турбинных ступеней.

Программа позволяет интерактивно подбирать геометрию ступени, не прибегая к ручному пересчёту. Это особенно полезно на начальных этапах проектирования для оценки влияния каждого параметра на форму проточной части и, косвенно, на интегральные характеристики (расход, КПД). Программа построения проточной части была интегрирована в программу проектировочного расчёта ступени турбины с применением диаграммы Смита, внешний вид программы представлен на рис. 1.

Программа может быть использована в научных исследованиях, курсовом и дипломном проектировании, а также как модуль для предварительной оценки облика турбины. Открытая архитектура позволяет легко добавлять новые модели расчёта (например,

трёхмерное моделирование лопаток) или экспортировать полученную геометрию проточной части в САЕ-системы.

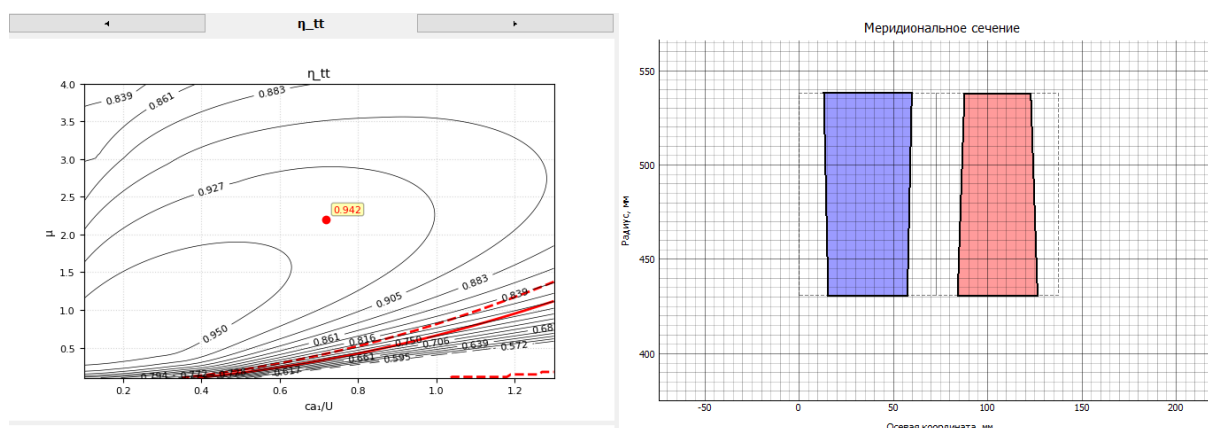


Рис. 1 – Внешний вид проточной части ступени турбины

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

### Список литературы

1. Копелев С.З. Проектирование проточной части турбин авиационных двигателей. – М.: Машиностроение, 1984. – 224 с.

### Сведения об авторах

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

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

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

### INTERACTIVE PROGRAM FOR GEOMETRIC MODELING OF THE MERIDIONAL SECTION OF AN AXIAL TURBINE STAGE

Volkov A.A., Shliakhovskii N.A., Bikbova A.V.,  
JSC Kuznetsov, Samara, Russia,  
a44rey@yandex.ru

*Keywords: axial turbine, meridional section, flowpath, nozzle guide vane, rotor blade, interactive visualization*

An interactive Python-based software program with a graphical user interface has been developed for parametric calculation and visualization of the meridional section of an axial turbine stage. The program calculates the geometry of the flowpath, nozzle guide vanes, and rotor blades based on input parameters such as opening angles, radial clearance, scaling factors, and rotational speed. It allows real-time interactive parameter adjustment, integrates with a Smith diagram-based turbine design tool, and is suitable for research, educational, and preliminary design applications.