

## АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПЛОСКИХ РЕШЁТОК ПРОФИЛЕЙ ТУРБИН

Волков А.А.

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

*Ключевые слова:* численное моделирование, плоская решётка турбины, неопределенность расчёта потерь.

Для выполнения работы была использована имеющаяся в открытом доступе информация о результатах продувки 177 решёток профилей плоских решёток турбин [1].

Оценка расхождения результатов расчета потерь и данных испытаний определяется среднеквадратичной ошибкой  $\sigma$  и относительной среднеквадратичной ошибкой  $\sigma_{\text{отн}}$  [2].

Данные в [1] по геометрическим параметрам профилей, по координатам профилей, по распределению математического ожидания потерь, полученного по данным испытаний в зависимости от приведенной изобэнтропической скорости, были оцифрованы.

Разработан метод и программа профилирования, позволяющие учесть не только геометрические параметры профиля, но и параметры кривизны. С использованием разработанной программы выполнено построение 177 профилей, указанных в атласе [1]. Важно отметить, что из [1] были оцифрованы значения координат профилей, однако если выполнять построение по указанным координатам, то кривизна профиля получится ломанной с множеством локальных экстремумов. Если для любого из профилей посмотреть информацию по кривизне в [1], то она распределяется плавно. Отмечено, что указанные в [1] координаты профилей позволяют построить профиль, но распределение кривизны при этом не соответствует указанному в [1]. Кроме того, параметры кривизны разработанного метода профилирования оставались неизвестными. Поэтому для каждого профиля ставилась задача оптимизации целью которой являлось получение минимального расхождения между точками, указанными в [1], при плавном изменении кривизны профиля. Варьируемыми параметрами являлись изначальные геометрические параметры профиля и параметры кривизны. Результат оптимизации – это геометрические параметры и параметры кривизны для 177 решёток. Пример полученного профиля и распределения кривизны для решётки 25 представлен на рис. 1.

Для всех профилей выполнена задача численного моделирования рабочего процесса в плоской решётке в 2D постановке. Рабочее тело, параметры потока на входе соответствовали данным указанным в [1]. Разработана программа для выполнения автоматического расчета и обработки результатов расчёта 177 решёток профилей турбин. Диапазон изменения изобэнтропической скорости на выходе из решётки от 0,6 до 1,35.

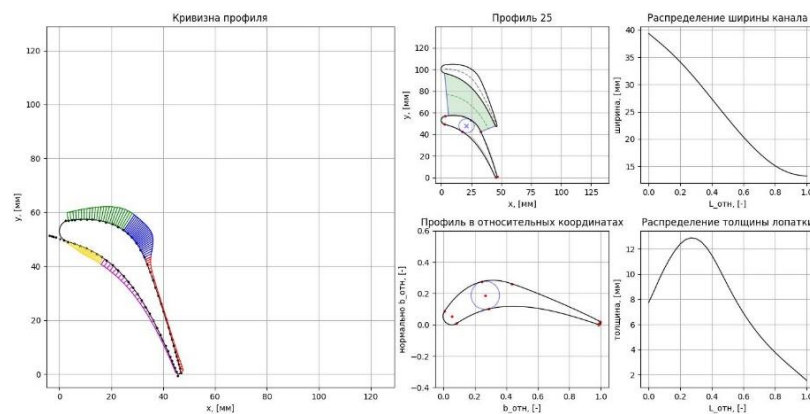


Рис.1. Профиль решётки 25 по результатам оптимизации

Расчет в автоматическом режиме 177 профилей с обработкой результатов занял 2,5 суток времени на 1 персональном компьютере. Для каждого профиля было рассчитано 16 точек изоэнтропической скорости. Максимальное количество точек, которые могли считаться одновременно равно 8.

Сравнение результатов расчета потерь с данными испытаний представлено на рис. 2 (а). Среднеквадратичная ошибка  $\sigma = 0,022$ , относительная среднеквадратичная ошибка  $\sigma_{\text{отн}} = 0,463$ . На рис. 2 (б) представлено распределение среднеквадратичной ошибки для различных значений приведенной скорости на выходе. При этом приведены 3 кривые для 3 различных случаев  $\sigma_{\text{отн}}$ . Для оценки влияния неопределенности расчета на величину профильных потерь рекомендуется использовать кривую  $\sigma_{\text{отн}} \leq 0,25$ .

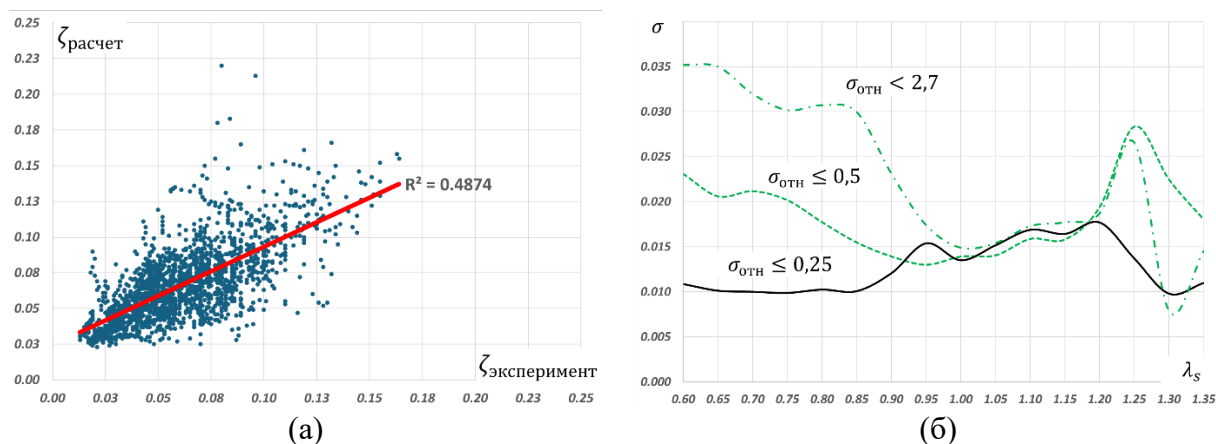


Рис. 2. Результаты расчёта: а) сравнение потерь, полученных по результатам расчёта и данных испытаний; б) кривые среднеквадратичной ошибки в зависимости от приведенной изоэнтропической скорости на выходе из решётки

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

### Список литературы

1. Венедиктов В.Д. Атлас экспериментальных характеристик плоских решеток охлаждаемых газовых турбин. М.: ЦИАМ, 1990. 393 с.
2. Аронов Б.М. Профилирование лопаток авиационных газовых турбин. М.: Машиностроение, 1975, 192 с.

### Сведения об авторах

Волков А.А., начальник бригады. Область научных интересов: исследование рабочих процессов в лопаточных машинах.

## ANALYSIS OF THE RESULTS OF NUMERICAL SIMULATION OF FLAT CASCADES OF TURBINE PROFILES.

Volkov A.A., JSC Kuznetsov, Samara, Russia,  
a44rey@yandex.ru

*Keywords: numerical simulation, flat turbine cascade, uncertainty in loss calculation.*

A method and profiling program have been developed that allow accounting for not only the geometric parameters of the profile but also the curvature parameters. For all profiles, a numerical simulation of the working process in a flat grid in a 2D setting was performed. The root mean square error is 0.022, the relative root mean square error is 0.463. A distribution of the root mean square error is proposed to assess the influence of calculation uncertainty on the magnitude of profile losses.