

СОЗДАНИЕ МОДЕЛИ ПРОТОЧНОЙ ЧАСТИ ТУРБИНЫ ПРИМЕНЕНИЕМ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

Волков А.А.

ПАО «ОДК-Кузнецов», г. Самара, a44rey@gmail.com

Ключевые слова: проточная часть, турбина, машинное обучение, нейронная сеть.

Расчет геометрических параметров проточной части турбины выполняется на начальном этапе проектирования турбины, во многом от выбранных размеров проточной части турбины зависит в дальнейшем масса и эффективность газотурбинного двигателя [1]. Результаты расчета проточной части турбины являются исходными данными для расчета турбины по среднему диаметру, для расчета диска турбины на прочность, для расчета системы охлаждения турбины. Построение проточной части турбины – это итеративный процесс поиска оптимального варианта между массой и эффективностью турбины, требующий также согласования с компрессором.

Предлагаемый метод построения проточной части турбины основан на анализе геометрических параметров уже выполненных турбин. На рис. 1 представлен график зависимости высоты рабочей лопатки от относительного диаметра турбины для более 150 ступеней турбин газотурбинных двигателей.

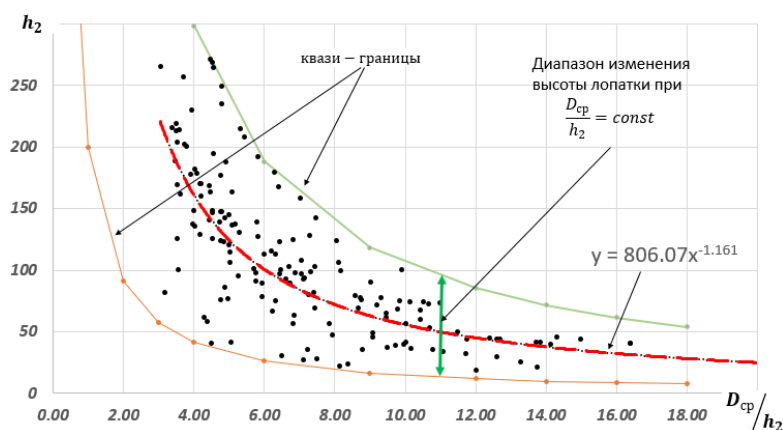


Рис.1. График зависимости высоты рабочей лопатки от относительного диаметра турбины

Определение величины относительного диаметра $\frac{D_{cp}}{h_2}$ может быть выполнено по зависимостям, связанным с коэффициентом запаса прочности [2]. При этом выбор высоты лопатки турбины находится в довольно широком диапазоне для случая, если ещё не определены обороты компрессора.

Предлагается для выбора высоты лопатки 1 ступени турбины высокого давления использовать модель нейронной сети с привлечением данных о степени повышения давления и температуре газов перед турбиной. Это позволит определять высоту лопатки турбины исходя из параметров прочности, которые учитываются при расчете $\frac{D_{cp}}{h_2}$, а также из параметров двигателя, которые получаются по результатам термодинамического расчета.

Для создания модели нейронной сети рассматривались только геометрические параметры первых ступеней турбин высокого давления. Известны значения геометрических параметров первых ступеней турбин высокого давления для 39 двигателей. Для 23 из 39 двигателей значения суммарной степени повышения давления в двигателе и температуры газа перед турбиной были найдены в открытых источниках [3]. Полученный набор данных для 23 турбин использован для создания полносвязной нейронной сети. Количество скрытых слоев равно 3, количество нейронов в слоях равно 100, модель потерь – абсолютное среднее значение ошибки, ошибка вычислялась как разность рассчитанного и истинного значения.

Входными данными являлись следующие параметры: степень повышения давления, температура газа перед турбиной, относительный диаметр. Выходные данные – высота лопатки. Результаты сравнения истинной высоты лопатки и значения высоты лопатки полученной с помощью модели представлено на рис. 2.

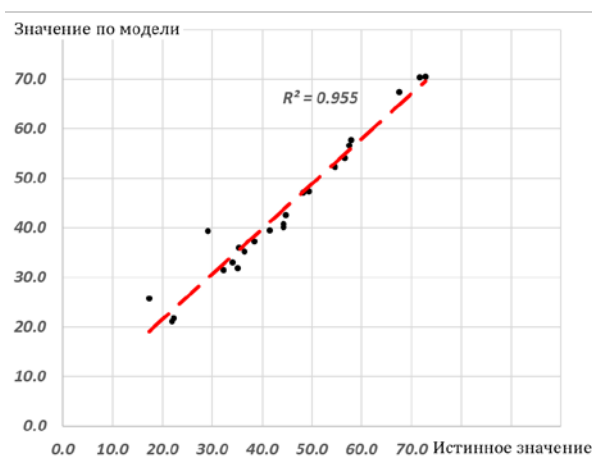


Рис. 2. Сравнение рассчитанной и истинной высоты лопатки

При обучении модели нейронной сети выполнялась кросс-валидация параметров для контроля качества получаемой модели и предотвращения переобучения. Значение ошибки при кросс-валидации не превышало 10 мм. Полученная модель может быть использована для построения проточной части турбины.

Выполнено при финансовой поддержке Министерства образования и науки Самарской области.

Список литературы

1. Иноземцев А.А. Газотурбинные двигатели – Пермь, ОАО «Авиадвигатель», 2006, 1195 с.
2. Копелев С.З. Расчет турбин авиационных двигателей – Москва, Машиностроение, 1974, 268 с.
3. Зрелов В.А. Отечественные ГТД. Основные параметры и конструктивные схемы. – Самарский государственный аэрокосмический университет, 2002, 444 с.

Сведения об авторах

Волков Андрей Александрович, инженер-конструктор отдела теплофизики и газодинамики. Область научных интересов: рабочий процесс турбин газотурбинных двигателей.

CREATING A MODEL OF THE TURBINE MERIDIONAL CONTOUR USING MACHINE LEARNING

Volkov A.A.

PJSC "ODK-Kuznetsov", Samara

Keywords: meridional contour, turbine, machine learning, neural network.

The calculation of the geometric parameters of the turbine meridional contour is performed at the initial stage of turbine design. The mass and efficiency of the gas turbine engine depend on the selected dimensions of the flow path of the turbine.