

Исследования взаимосвязи ионного тока с видимой турбулентной скоростью распространения пламени, шириной зоны турбулентного горения (ЗТГ) и токсичностью отработавших газов проведены в условиях поршневого ДВС с искровым зажиганием при работе на бензине и метане, в том числе при добавке водорода в ТВС. В исследованиях показано, что изменение скорости распространения пламени пропорционально изменению ионного тока в нём. Величина ионного тока определяется произведением массовой доли углерода в ТВС и скорости распространения пламени [2]. Ширина ЗТГ зависит от максимальной величины ионного тока в ней [3]. Показано, что скорость распространения и ионный ток пламени в объёме у свечи зажигания и в наиболее удалённой от неё зоне, соответственно, находятся в линейной зависимости.

Обработка результатов экспериментов показала, что логарифмы средней скорости распространения пламени и средней скорости тепловыделения прямо пропорциональны логарифму электрической проводимости пламени. То есть измерения проводимости пламени могут быть использованы для ана-

лиза локальной интенсивности горения в камерах сгорания в процессе их экспериментальной доводки.

Работа выполнена в рамках реализации Государственного задания, проект №394.

#### Библиографический список

1. Резник В.Е., Токарев В.В., Шайкин А.П. Электропроводность факела пламени неоднородной смеси при впрыске жидкого топлива в зону циркуляции за плохообтекаемым телом. // Известия высших учебных заведений. Авиационная техника. 1977. №3. С. 93-97.
2. Шайкин А.П., Ивашин П.В., Галиев И.Р., Дерячев А.Д. К вопросу о взаимосвязи турбулентной скорости распространения и ионизации метано-водородного пламени. // Вектор науки Тольяттинского государственного университета. 2015. № 1 (31). С. 51-54.
3. Шайкин А.П., Дерячев А.Д. Взаимосвязь ширины зоны горения со скоростью распространения пламени и ионным током в условиях двигателя с искровым зажиганием. // Вектор науки Тольяттинского государственного университета. 2014. № 3 С. 82-86.

УДК 62.529

## РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА СОЗДАНИЯ НЕЙРОСЕТЕВОЙ МОДЕЛИ МАЛОРАЗМЕРНОГО ГАЗОТУРБИННОГО ДВИГАТЕЛЯ

©2016 А.В. Кузнецов, Г.М. Макарьянц

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва

### A NEURAL NETWORK MODEL DEVELOPMENT ALGORITHM FOR THE MICRO GAS-TURBINE ENGINE

Kuznetsov A.V., Makaryants G.M. (Samara National Research University, Samara, Russian Federation)

*The study covers the development of recurrent neural network mathematical model of micro gas turbine (MGTE) under transient conditions. In order to verify the developed model we have used thermodynamic mathematical dynamic MGTE model based on per-unit description. The engine face temperature and pressure via aircraft height and speed have been taken into account explicitly.*

Для повышения отказоустойчивости малоразмерного газотурбинного двигателя (МГТД) на борту летательного аппарата (ЛА) необходимо иметь систему, которая будет дублировать существующие датчики, а также выдавать информацию о дополнительных параметрах, например, тяге, расходе воздуха через компрессор и т.п. Такой сис-

темой может служить нейросетевая модель, обученная на входных и выходных данных двигателя и воспроизводящая его статические и динамические характеристики [1]. Точность и скорость расчёта такой модели зависит от многих факторов, к которым можно отнести структуру самой сети и взаимодействие её со вспомогательной моделью,

преобразующей входные данные, а так же размеры обучающей выборки.

Для получения обучающей выборки для нейронной сети была создана термодинамическая модель МГТД, которая представляет собой набор алгебраических и дифференциальных уравнений, описывающих процессы, протекающие в двигателе [2, 3]. Алгоритм создания модели МГТД с помощью нейронных сетей представлен на рис. 1. Под матрицами входных и выходных параметров подразумевается требуемый набор значений параметров, полученных в результате расчёта термодинамической модели.

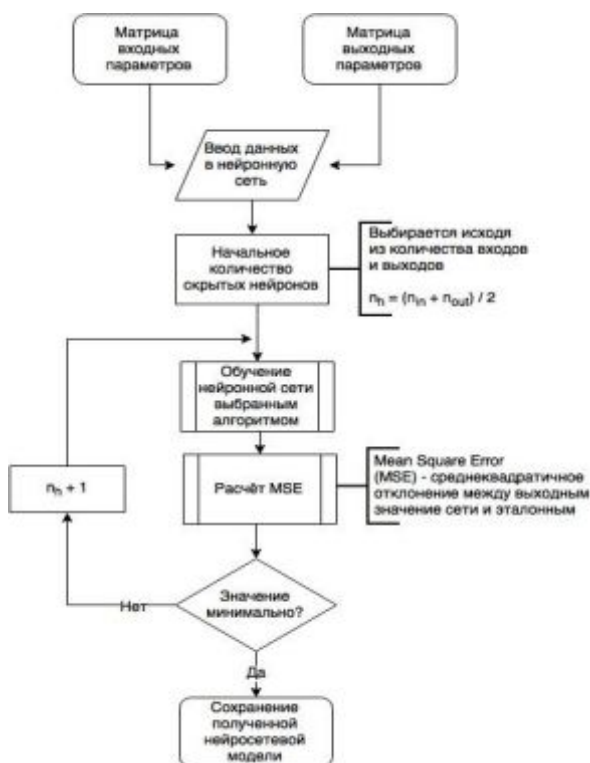


Рис. 1. Алгоритм создания нейросетевой модели МГТД

Структура нейросетевой модели МГТД приведена на рис. 2.

Валидация нейросетевой модели проводилась в течении 120 с модельного времени при различных значениях управляющего воздействия в виде расхода топлива и возмущающих воздействиях, представленных изменением высоты и скорости полёта ЛА. Результат моделирования двигателя по частоте вращения ротора приведён на рис. 3.

Результаты по всем выходным параметрам приведены в табл. 1, где отклонение – величина среднеквадратичного отклонения нейросетевой модели от термодинамической

в единицах, указанных для соответствующего обозначения каждого параметра.

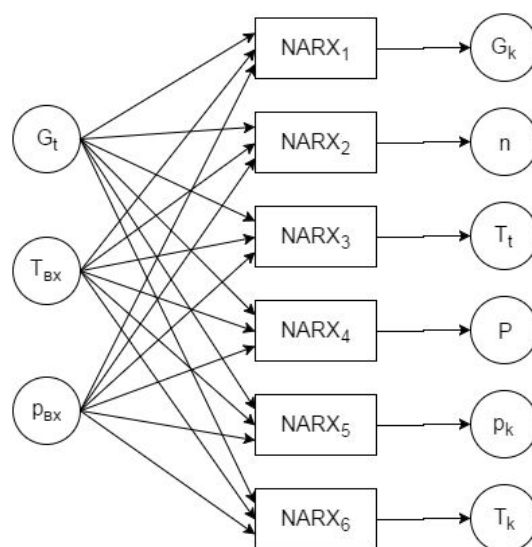


Рис. 2. Структура нейросетевой модели МГТД



Рис. 3. Величина ошибки рассогласования нейросетевой модели от полноразмерной по частоте вращения ротора

Таблица 1 - Средние значения ошибки и отклонения параметров

Параметр	$G_{в}$ , кг/с	$n$ , об/с	$P$ , Н	$p_k$ , кПа	$T_k$ , К	$T_t$ , К
Ошибка, %	1,37	0,58	2,02	0,81	0,60	1,85
Отклон., ед	0,01	11,7	3,76	3,48	4,31	17,3

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ в рамках выполнения Государственного задания (проект 2760).

#### Библиографический список

1. Осовский С. Нейронные сети для обработки информации. – М.: Финансы и статистика, 2002. 344 с.
2. Добрянский Г.В., Мартыанова Т.С. Динамика авиационных ГТД. – М.: Машиностроение, 1989. 240 с.
3. Кулагин В.В. Теория, расчёт и проектирование авиационных двигателей и энергетических установок: Учебник. 2-е изд., исправл. Основы теории ГТД. Рабочий процесс и термогазодинамический анализ. Кн. 1. – М.: Машиностроение, 2003. 616 с.