

## **ПРИМЕНЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРИ СОЗДАНИИ СИСТЕМ СМАЗКИ ПОВЫШЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПЕРСПЕКТИВНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ**

© 2018 В.А. Алтунин<sup>1</sup>, М.В. Львов<sup>1</sup>, А.С. Каськов<sup>1</sup>, М.Л. Яновская<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ

<sup>2</sup>Центральный институт авиационного моторостроения им. П.И. Баранова, г. Москва

## **APPLICATION OF EXPERIMENTAL RESULTS CREATES THE LUBRICATION SYSTEMS OF HIGH CHARACTERISTICS OF ADVANCED AIRCRAFT ENGINES**

Altunin V.A., Lvov M.V., Kaskov A.S. (Kazan national research technical university named after A.N. Tupolev - KAI, Kazan, Russian Federation)

Yanovskaya M.L. (Central institute for aviation motor development named after P.I. Baranov, Moscow, Russian Federation)

*Introduced ways of application of results of experimental researches of thermal processes in motor oils without use and with use of electrostatic fields are shown – for design and creation of new systems of lubrication of the raised characteristics for perspective engines of aircrafts.*

Рассмотрены проблемы систем смазки поршневых двигателей внутреннего сгорания (ДВС), воздушно-реактивных и газотурбинных двигателей (ВРД, ГТД) летательных аппаратов (ЛА). Проблемы, возникающие в системах смазки различных двигателей, тесно связаны с особенностями тепловых процессов в смазочных маслах. Один из главных негативных процессов – это процесс осадкообразования в масляных каналах, форсунках и фильтрах. При работе двигателей происходит нагрев моторного масла при различных давлениях, в результате чего и возникает негативный процесс осадкообразования, который приводит к преждевременному выходу из строя масляной системы всего двигателя, к аварийным ситуациям и различным авариям. Существующие способы борьбы с осадкообразованием являются неэффективными, очень затратными, поскольку чаще всего приходится менять закоксованные детали масляной системы новыми.

Необходимо создавать новые способы борьбы с осадкообразованием в моторных маслах, т.к. легче предотвратить осадок, чем вести борьбу по его удалению. Поскольку процесс осадкообразования, согласно исследованиям Г.Ф. Большакова, носит электрический характер, было выдвинуто предположение о возможности управления заряженными частицами и диполями в авиационном моторном масле при помощи магнитных и электростатических полей.

Анализ научно-технической и патентно-лицензионной литературы показал, что отсутствуют работы по исследованию влияния магнитных и электростатических полей на теплоотдачу и осадкообразование в моторных маслах, в том числе, и в авиационных.

Была создана экспериментальная база по исследованию возможностей магнитных и электростатических полей в авиационных моторных маслах при их естественной конвекции.

Проведённые исследования показали, что магнитные поля не влияют на интенсификацию теплоотдачи к моторному маслу и на предотвращение осадкообразования, а электростатические поля – оказывают значительное влияние.

В докладе приводятся результаты экспериментальных исследований без применения и с применением магнитных и электростатических полей.

На основе экспериментальных исследований разработаны:

- методики расчёта коэффициента теплоотдачи к моторным авиационным маслам без влияния и с влиянием электростатических полей;

- методики расчёта влияния электростатических полей на предотвращение осадкообразования на греющих поверхностях деталей масляных систем;

- методики проектирования и создания новых систем смазки двигателей и энергоустановок наземного и воздушного базирования;
- новые конструктивные схемы систем смазки и масляного охлаждения для двигателей и энергоустановок ЛА и наземного транспорта.

Доклад сопровождается запатентованными конструктивными схемами масляных каналов, форсунок, фильтров, теплообменных аппаратов повышенных характеристик по ресурсу и надёжности для двигателей и энергоустановок ЛА и наземного транспорта.

УДК 681.51

## ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ НЕЧЁТКОГО РЕГУЛЯТОРА ПО СРАВНЕНИЮ СПИ-РЕГУЛЯТОРОМ МАЛОРАЗМЕРНОГО ГТД

©2018 Д.О. Пономарь, А.В. Кузнецов, Г.М. Макарьянц

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва

## THE FUZZY CONTROLLER DYNAMICS INVESTIGATION VERSUS THE PI-CONTROLLER DYNAMICS OF A MICRO GAS TURBINE ENGINE

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

*Recently, nonlinear control systems have been widely used. Such systems include regulators using fuzzy logic. But now aircraft engines have not received wide distribution because these algorithms are insufficient research in comparison with classical methods. The article compares the fuzzy speed controller for a micro turbine engine with a PI controller, compares them with the transient characteristics and the response to the disturbance.*

В настоящее время существуют два основных типа систем управления - линейные и нелинейные. Линейные системы хорошо изучены и существует множество методов для их настройки, однако это приводит к значительному упрощению [1]. Нелинейные системы управления позволяют учесть нелинейность объекта, но на данный момент синтез таких систем недостаточно исследован. В условиях широкого внедрения электронных вычислительных устройств в системы управления авиационных двигателей возникает возможность применения более сложных методов регулирования. Следовательно, актуальной задачей является разработка нелинейных систем управления.

Одним из методов разработки нелинейной системы управления является нечёткая логика. Термин «нечёткая логика» был впервые введён американским математиком Лютфи Заде, определявшем его как объект с функцией принадлежности элемента к множеству, принимающему любые значения в интервале  $[0, 1]$ , а не только 0 или 1 [2]. То есть данное число может принадлежать дан-

ному интервалу (терме) с степенью принадлежности, изменяющейся от 0 до 1. Регулятор, построенный на основе нечёткой логики, называется нечётким регулятором. В основе нечёткого регулятора лежит база правил, которая задаёт соответствие между входными термами, на которые разбиты регулирующие параметры, и выходными, регулирующими факторами [3-4].

Нечёткий регулятор, используемый в работе, состоит из двух основных блоков: блока нечёткой логики и ограничителя расхода топлива. Блок нечёткой логики содержит два входа: ошибка и её производная; и один выход – производная от расхода, которая затем интегрируется.

В ходе данной работы были синтезированы нечёткий и ПИ-регуляторы и настроены таким образом, чтобы расход топлива лежал в допустимых пределах. Затем, используя нелинейную модель малоразмерного двигателя, проводилась симуляция системы регулятор-объект, после чего были построены графики переходных процессов по частоте вращения. На рис. 1 представлен переход-