

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Колодяжного Дмитрия Юрьевича
**«Методология исследований и разработок электрокаплеструйных
способов и технологий в авиационных двигателях»**,
представленной на соискание ученой степени доктора технических наук
по специальности 05.07.05 – Тепловые, электроракетные двигатели и
энергоустановки летательных аппаратов

В диссертации Колодяжного Д.Ю. решена актуальная научная проблема, имеющая важное хозяйственное значение, более эффективного управления дисперсностью топлив, процессами образования, воспламенения и горения топливно-воздушных смесей (ТВС) в авиационных двигателях гражданских и боевых самолетов. Это достигнуто путем разработки теории и методов численного электрогидродинамического (ЭГД) моделирования и конструирования на базе суперкомпьютерных вычислений и верификации экспериментом на современном оборудовании эффективных узлов распыла топлива - электрокаплеструйных форсуночных модулей (ЭКСФМ) с электрическими устройствами воздействия на топливо (ЭУВТ) авиационных двигателей выбором их рациональных параметров с использованием соответствующим образом организованных электрических полей. При этом единой методологической основой являются разработанная технология Динамического конструирования, а также теоретические ЭГД модели рассматриваемых процессов, теоретические и экспериментальные методики и инструментальные средства.

Разработан, теоретически исследован с верификацией экспериментом и обобщен целый ряд принципиально новых электрокаплеструйных (ЭКС) методов распыла топлива, горения топливно-воздушной смеси (ТВС) в камерах сгорания (КС) авиадвигателей. Последнее, в сочетании с разработанными численными моделями рассматриваемых процессов и основными полученными (как правило, впервые) теоретическими и экспериментальными результатами представляет весьма универсальный аппарат теоретического и практического анализа разработанного нового класса форсуночных модулей - ЭКСФМ и ЭКС технологий и определяет дальнейшие пути целенаправленного поиска частных электрокаплеструйных методов. При этом новыми являются большинство результатов, поскольку большинство методов и ЭКСФМ применительно к авиационным двигателям исследовано и разработано впервые. Мировая новизна и практическая значимость полученных результатов подтверждены выдачей автору 6 патентов РФ.

При численном трехмерном моделировании нестационарных процессов распыла топлива и горения ТВС в математических моделях применена система ЭГД уравнений, то есть кроме уравнений гидродинамики используются уравнения электродинамики, а в уравнении Навье-Стокса

учитываются дополнительные объемные силы воздействия электрического поля на заряженный объем топлива. Кроме того, использованы впервые полученные математические модели для инъекции униполярного заряда в поток керосина и его влияния на поверхностное натяжение распыливаемой капли керосина. При этом задачи численного анализа существенно усложняются по сравнению со случаем без электрического поля, тем более применительно к ЭКСФМ эта задача решается впервые.

Решены задачи повышения точности и достоверности численных моделей с целью получения наибольшего совпадения результатов расчета с экспериментальными данными. Для этого используются рациональные комбинации известных подходов и моделей повышения точности численных суперкомпьютерных расчетов с учетом особенностей решаемой задачи в современных вычислительных средах: грамотное задание граничных условий; соответствующие геометрии неравномерных расчетных сеток при существенном увеличении числа элементов структурированной расчетной сетки со сгущением в области игольчатых электродов и на границах непроницаемых стенок (средний размер расчетной сетки составил порядка 30 – 40 миллионов объемных элементов); трехмерные геометрические модели реальных конструкций ЭКСФМ и ЭУВТ; адаптивная схема иерархического последовательного усложнения модели; рациональные вихререзающие подходы для моделирования турбулентности (модель турбулентности $k-\omega$ SST доработана введением поправки на кривизну линий тока в закрученном потоке топлива в ЭКСФМ); современные вычислительные среды (ANSYS Fluent, ANSYS ICEM CFD, OpenFOAM), приспособленные к решению таких сложных процессов, как рассматриваемые ЭГД процессы при распыле топлива (керосина) и горения ТВС (существующие решатели были доработаны для возможности учета ЭГД эффектов).

В качестве замечания можно отменить следующее. Автор утверждает, что разработанные им численные модели ориентированы на суперкомпьютерные вычисления. Не вызывает сомнения, что использование суперкомпьютерных вычислений – это самый эффективный подход к конструированию ЭКСФМ и ЭУВТ. Однако в автореферате не представлены результаты исследований эффективности распараллеливания разработанных численных моделей при их реализации на суперкомпьютерах различных классов.

Указанный недостаток не снижает научной и практической значимости проведенного автором исследования.

Безусловным достоинством работы является комплексный подход создания научных основ расчета, реализационных основ и современного конструирования эффективных ЭКСФМ с различного типа форсунками применительно к газотурбинным и турбореактивным авиационным двигателям на примере авиадвигателя пятого поколения ПД-14 для гражданских самолетов и камеры подогрева стартера воздушно-газового боевого самолета.

В диссертационной работе Колодяжного Д.Ю. решена актуальная научная проблема, имеющая важное хозяйственное значение, более эффективного ЭГД управления дисперсностью топлив, процессами образования, воспламенения и горения топливно-воздушных смесей в авиационных двигателях.

Работа удовлетворяет квалификационным требованиям, предъявляемым ВАК Российской Федерации к докторским диссертациям, в том числе соответствует требованиям «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденных постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г., № 842, а ее автор Колодяжный Дмитрий Юрьевич заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 05.07.05 – Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов.

Научный руководитель направления
ФГАОУ ВО «Южный Федеральный университет»,
главный научный сотрудник НИИ многопроцессорных
вычислительных систем Южного федерального университета
Академик РАН, доктор технических наук, профессор

Каляев Игорь Анатольевич

28.02.2020

Адрес: 347922, Ростовская область, г. Таганрог, ул. Чехова, 2
Электронная почта: ikalayev@sfnu.ru, телефон +7 (8634) 360-376

Подпись Каляева И.А. удостоверяю.

Ученый секретарь,
к.т.н.

Кухаренко Анатолий Павлович

