

УДК 536+537; 621.452+621.454; 621.4+662.767+665.723

ПРИМЕНЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ТОПЛИВНЫХ ФОРСУНОК ВРД

© Пронин К.А., Абдуллин М.Р., Жиликова А.Е., Алтунин В.А.

*Казанский национальный исследовательский технический университет
имени А.Н. Туполева – КАИ, г. Казань, Российская Федерация*

e-mail: kostipronin@mail.ru

Опыт эксплуатации воздушно-реактивных двигателей (ВРД) летательных аппаратов (ЛА) показывает [1–6], что топливные форсунки могут нагреваться до температуры 900 К и более. Из-за этого нагрева происходит негативный процесс осадкообразования.

Частичное закоксовывание даже только одной форсунки приводит к нерасчетному струйному распылу топлива, к локальному перегреву и прогару стенки жаровой трубы с дальнейшим пожаром и взрывом двигателя и всего ЛА.

Частичное закоксовывание форсунок приводит к частичной потере тяги. Полное закоксовывание – к полной потере тяги, к образованию течи, пожара и взрыва двигателя и всего ЛА.

В работе подробно рассмотрены существующие и перспективные способы борьбы с негативным процессом осадкообразования: по его предотвращению, уменьшению, ограничению.

На основе проведенных экспериментальных исследований с жидким углеводородным горючим (УВГ) марки ТС-1 и с газообразным УВГ (метаном) без использования и с использованием электростатических полей в условиях естественной и вынужденной конвекции были разработаны новые методики расчета и учета негативного процесса осадкообразования в топливной системе ВРД [1–6].

На базе штатной форсунки ВРД марки НК-8-2У были разработаны и запатентованы новые конструктивные схемы форсунок, ресурс которых возможно увеличить в два и более раз [1; 3–6]:

– форсунки с изоляционным тонким слоем для форсуночного фильтра, для распылителя форсунки (применен новый и перспективный способ по предотвращению осадкообразования и по уменьшению его скорости – при тепловой защите нагреваемых деталей до температуры 373 К и менее);

– форсунки с наружной рубашкой охлаждения (применен новый и перспективный способ борьбы с осадкообразованием по его предотвращению и уменьшению его скорости – путем охлаждения нагреваемых деталей форсунки наружной рубашкой охлаждения до температуры 373 К и менее, причем конструктивно внутренние каналы рубашки охлаждения выполнены или без электростатических полей, или с полями);

– форсунки с электростатическими полями – в зоне входных каналов и форсуночных фильтров (применен новый и перспективный способ борьбы с осадкообразованием по его предотвращению – путем обеспечения распространения силовых линий электростатического поля в зонах с активным осадкообразованием).

Показано, что:

– самыми эффективными форсунками будут являться те форсунки, в которых применены сразу несколько существующих и перспективных способов борьбы с осадкообразованием;

– применение газообразных углеводородных горючих, например метана, будет способствовать увеличению ресурса штатных форсунок ВРД (без применения способов борьбы с осадкообразованием) в 10 раз, т. к. экспериментально установлено, что в газообразном метане процесс осадкообразования протекает в 10 раз медленнее.

Такие форсунки можно назвать форсунками с гибридными способами борьбы с осадкообразованием.

Негативный процесс осадкообразования необходимо учитывать уже на ранней стадии расчета и проектирования новых топливных форсунок ВРД [7–10].

Работа сопровождается новыми запатентованными конструктивными схемами форсунок ВРД, в которых используются существующие и перспективные способы борьбы с осадкообразованием.

Применение материалов данного исследования будет способствовать созданию новых отечественных форсунок повышенных характеристик по ресурсу, надежности и эффективности.

Библиографический список

1. Яновский Л.С. Инженерные основы авиационной химмотологии / Л.С. Яновский, Н.Ф. Дубовкин, Ф.М. Галимов [и др.]. Казань: Изд-во Казан. ун-та, 2005. 714 с.

2. Алтунин В.А. Некоторые пути повышения эффективности жидкостных реактивных двигателей летательных аппаратов на углеводородных и азотосодержащих горючих и охладителях: монография / В.А. Алтунин, К.В. Алтунин, И.Н. Алиев, Ю.Ф. Гортышов, Н.Б. Давлатов, М.А. Зарипова, В.А. Керножицкий, А.В. Колычев, В.В. Разносчиков, М.М. Сафаров, Л.С. Яновский, М.Л. Яновская / под общ. ред. д-ра тех. наук, проф. Л.С. Яновского. Казань: Редакционно-издательский центр «Школа», 2020. 148 с.

3. Алтунин В.А. Экспериментальное исследование влияния электростатических полей на тепловые процессы в газообразном метане при его естественной конвекции / В.А. Алтунин, К.В. Алтунин, М.Р. Абдуллин, М.Р. Чигарев, И.Н. Алиев, М.Л. Яновская // Инженерный журнал: наука и инновации. № 6 (114). DOI: 10.18698/2308-6033-2021-6-2086.

4. Алтунин В.А. Некоторые пути совершенствования двигателей и энергоустановок марки «НК». Ч. 1 / В.А. Алтунин, К.В. Алтунин, М.Р. Абдуллин, М.В. Львов, А.А. Щиголев, Е.Н. Платонов, А.А. Юсупов, И.Н. Алиев, Л.С. Яновский, М.Л. Яновская // Тепловые процессы в технике. 2021. Т. 13, № 12. С. 530–542.

5. Алтунин В.А. Некоторые пути совершенствования двигателей и энергоустановок марки «НК». Ч. II / В.А. Алтунин, К.В. Алтунин, М.Р. Абдуллин, М.В. Львов, А.А. Щиголев, Е.Н. Платонов, А.А. Юсупов, И.Н. Алиев, Л.С. Яновский, М.Л. Яновская // Тепловые процессы в технике. 2022. Т. 14, № 1. С. 9–21.

6. Алтунин В.А. Форсунка. // Патент РФ на изобретение № 2155910. Бюлл. № 25 от 10.09.2000.

7. Алтунин В.А. Форсунка с наружной рубашкой охлаждения / В.А. Алтунин, К.В. Алтунин, И.Н. Алиев, М.Р. Абдуллин, Ю.Ф. Гортышов, Л.С. Яновский, М.Л. Яновская // Заявка на изобретение РФ № 2022123350 от 31.08.2022.

8. Алтунин В.А. Форсунка с эффективной рубашкой охлаждения / В.А. Алтунин, К.В. Алтунин, И.Н. Алиев, М.Р. Абдуллин, Ю.Ф. Гортышов, К.А. Пронин, Л.С. Яновский, М.Л. Яновская // Заявка на изобретение РФ № 2022129114 от 08.11.2022.

9. Алтунин В.А. Некоторые пути совершенствования форсунок ВРД марки НК-8-2У (110-летию со дня рождения Н.Д. Кузнецова – посвящается) / В.А. Алтунин, М.Р. Абдуллин, Д.Е. Ефимов, М.Р. Чигарев // Сб. матер. докл. междунаро. молодежной научной конф. «25-е Туполевские чтения». Казань: Изд-во КНИТУ-КАИ, 2021. Т. 2. С. 4–10.

10. Алтунин В.А. Некоторые пути совершенствования двигателей и энергоустановок марки «НК» на жидких и газообразных углеводородных горючих / В.А. Алтунин, К.В. Алтунин, М.Р. Абдуллин, Д.Е. Ефимов // Тез. докл. 20-й Международ. конф. «Авиация и космонавтика». М.: Перо, 2021. С. 86–88.