

УДК 536:537:621:629

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ РАЗРАБОТКИ КОНСТРУКТИВНЫХ СХЕМ МЕТАНОВЫХ ЖИДКОСТНЫХ РАКЕТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

© Абдуллин М.Р.¹, Алтунин К.В.¹, Чигарев М.Р.¹, Яновская М.Л.², Алтунин В.А.¹

¹КНИТУ – КАИ имени А.Н. Туполева, г. Казань, Российская Федерация

²ЦИАМ имени П.И. Баранова, г. Москва, Российская Федерация

e-mail: mansur1392@mail.ru

В докладе на основе результатов экспериментальных исследований и анализа научно-технической литературы показаны пути разработки новых конструктивных схем метановых жидкостных ракетных двигателей одно- и многоразового использования.

В связи с переводом техники на метановое горючее [1–5] необходимо более глубоко исследовать и изучать особенности тепловых процессов в сжиженном природном газе (СПГ) (в метане), а также в его газообразном состоянии.

Для изучения особенностей тепловых процессов газообразного метана были созданы экспериментальные установки и рабочие участки по его естественной и вынужденной конвекции, проведены всесторонние экспериментальные исследования.

Результаты экспериментальных исследований [2–9] показали, что:

– повышение давления способствует увеличению коэффициента теплоотдачи к газообразному метану;

– при повышенных температурах нагрева рабочих участков на металлических поверхностях появляется слой углеродистого осадка светло-серого цвета и рыхлой структуры;

– скорость осадкообразования в 10 раз меньше, чем в жидких углеводородных горючих и охладителях;

– магнитные поля не влияют на тепловые процессы в газообразном метане;

– электростатические поля, наоборот, оказывают существенное влияние на увеличение коэффициента теплоотдачи и на предотвращение осадкообразования.

На основе экспериментальных исследований [2–9]:

– созданы новые методики расчета тепловых процессов в газообразном метане без влияния и с влиянием электростатических полей;

– созданы новые алгоритмы учета особенностей тепловых процессов в газообразном метане при проектировании, расчете и создании новых двигателей и энергоустановок различного назначения, применения и базирования;

– разработаны новые конструктивные схемы жидкостных ракетных двигателей (ЖРД) одно- и многоразового использования (ЖРДМИ) на сжиженном метане (СПГ).

Теоретически и экспериментально установлено [2–10], что при прохождении СПГ по каналам системы наружного регенеративного охлаждения происходит конверсия сжиженного метана. Но этот процесс происходит не в полном объеме, т. е. к форсункам горючего в ЖРД и ЖРДМИ поступает двухфазная смесь, состоящая из жидкой и газообразной фаз, из-за чего формируется неустойчивая и опасная работа двигателей.

Авторами доклада разработаны новые конструктивные схемы ЖРД и ЖРДМИ, в которых обеспечивается полная и эффективная предтопливная подготовка метана, а

также его подача к форсункам – без применения и с применением электростатических полей – для его эффективного сжигания в камере сгорания:

- в газообразном и сжиженном состояниях одновременно;
- в газообразном состоянии.

Библиографический список

1. Алемасов В.Е., Дрегалин А.Ф., Тишин А.П. Теория ракетных двигателей: учебник для вузов / под ред. В.П. Глушко. М.: Машиностроение, 1989, 464 с.
2. Алтунин К.В., Абдуллин М.Р. и др. Исследование тепловых процессов в газообразном метане для создания перспективных двигателей и энергоустановок наземного, воздушного, аэрокосмического и космического базирования // Тр. 51-х чтений, посвящ. разработке научного наследия и развитию идей К.Э. Циолковского. РАН. РАКЦ, Сек. № 2: Проблемы ракетной и космической техники (г. Калуга, 20–22 сентября 2016 г.). Казань: Изд-во Казанского университета, 2017. С. 169–177.
3. Алтунин В.А., Алтунин К.В., Абдуллин М.Р. [и др.]. Некоторые пути развития реактивных двигателей летательных аппаратов // Военмех. Вестник БГТУ. № 55. 2019. С. 419–424.
4. Алтунин В.А., Абдуллин М.Р. [и др.]. Пути повышения эффективности двигателей и энергоустановок летательных аппаратов на жидких и газообразных горючих и охладителях: сб. тез. докл. 46-ой Международ. молодежной конф. «Гагаринские чтения – 2020». Направление № 2: Авиационные, ракетные двигатели и энергетические установки. Сек. № 2. 3: Ракетные двигатели. М.: Изд-во МАИ, 2020. С. 203.
5. Алтунин В.А., Алтунин К.В., Абдуллин М.Р. и др. Анализ результатов экспериментальных исследований газообразного метана в условиях его вынужденной конвекции: матер. докл. 55-х научных чтений памяти К.Э. Циолковского. Сек. № 2: Проблемы ракетной и космической техники. РАН. РАКЦ (15–16 сентября 2020 г., г. Калуга). Калуга: Эйдос, 2020. С. 218–219.
6. Алтунин В.А., Алтунин К.В., Абдуллин М.Р., Яновская М. Анализ результатов экспериментальных исследований газообразного метана в условиях его естественной конвекции // Тр. 54 чтений, посвящ. разработке научного наследия и развитию идей К.Э. Циолковского. Сек. № 2: Проблемы ракетной и космической техники. (Калуга, 17–18 сент. 2019 г.). РАН. РАКЦ. Казань: Изд-во Казанского университета, 2020. С. 83–93.
7. Алтунин В.А., Абдуллин М.Р. [и др.]. Особенности тепловых процессов в жидких и газообразных углеводородных горючих и охладителях в двигателях летательных аппаратов: сб. научных статей 8-й международ. научно-практ. конф. // Академические Жуковские чтения. Воронеж: Изд-во ВУНЦ ВВС «ВВА», 2020. С. 20–22.
8. Алтунин В.А., Абдуллин М.Р., Яновская М.Л. Особенности тепловых процессов в рубашке охлаждения метанового ЖРД // Тр. 12-й Общеросс. молодежной научно-технич. конф. // Молодежь. Техника. Космос. (23–25 апреля 2020 г., г. Санкт-Петербург, БГТУ им. Д.Ф. Устинова, ВОЕНМЕХ). СПб: ВОЕНМЕХ, 2020. Т. 1. С. 18–20.
9. Алтунин В.А., Алтунин К.В., Абдуллин М.Р. [и др.]. Особенности применения электростатических полей в условиях естественной конвекции газообразного метана // Тр. 11-й Всеросс. конф. // Необратимые процессы в природе и технике (Москва, 26–29 января 2021 г.). РАН. МГТУ им. Н.Э. Баумана. Физический институт им. П.Н. Лебедева. Центр прикладной физики МГТУ им. Н.Э. Баумана. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2021. Ч. 2. С. 135–139.
10. Бакулин В.Н., Брещенко Е.М., Дубовкин Н.Ф. [и др.]. Газовые топлива и их компоненты. Свойства, получение, применение, экология: справочник. М.: Изд. дом МЭИ, 2009, 614 с.