

ОЦЕНКА РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБОВ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТОПЛИВА ЖРД

Аннотация: В статье рассматриваются различные способы повышения эффективности жидкостных ракетных двигателей. Их сильные и слабые стороны. Рассмотрены основные принципы создания и работы данных способов. В работе рассмотрены такие способы, как добавки в виде алюминия, добавление водорода в камеру сгорания.

4-5 предложений.

Ключевые слова: жидкостные ракетные двигатели, добавки в топливо, водород, алюминий, повышение эффективности.

Annotation: in the article are given different ways to increase the efficiency of liquid-propellant rocket engines. There are given advantages and disadvantages of these ways

Key words: liquid-propellant rocket engines, fuel additives, hydrogen, aluminum, to increase the efficiency.

Существуют различные способы повышения эффективности жидких ракетных горючих. Один из них — различные добавки (присадки), которые внедряются на нефтеперерабатывающих заводах. [1]

Литий и бериллий- представители таких добавок. Теплотворная способность и скорость истечения из сопла продуктов сгорания алюминия хотя и уступают таковым для лития и бериллия, но его содержание в земной коре и

ежегодное производство несоизмеримо их превосходит что и определяет перспективность применения алюминия. Кроме того, постоянно ведутся исследования по разработке оптимальных сочетаний компонентов топлив и дисперсности алюминия, в результате которых эти показатели будут повышены. [2]

Однако если указанный нанопорошок алюминия добавить непосредственно в жидкое углеводородное топливо, то при некотором времени хранения поверхность наночастиц алюминия окисляется растворенным в топливе кислородом, и при прогреве частиц в составе жидкого углеводородного топлива произойдет лишь частичное вскипание и атомизация алюминия (часть алюминия тратится на образование Al_2O_3), который участвует в процессе горения. Твердый оксид алюминия поверхностного слоя не участвует в процессе горения, что приводит к снижению теплового эффекта реакций горения.

Поэтому согласно изобретению для предотвращения окисления, наночастицы алюминия необходимо покрывать антиоксидантным протектором. Для покрытия в качестве антиоксидантного протектора может быть применен карбид бора (BC) либо борид алюминия (AlB_2) с толщиной покрытия 2-5 нм. Покрытие из BC или AlB_2 предотвращает окисление наночастиц кислородом, в том числе растворенным в углеводородном топливе, способствует вскипанию и атомизации алюминия при собственном сгорании, давая к тому же дополнительный тепловой эффект по сравнению с керосином, т.е. покрытие с точки зрения энергетической эффективности не является "балластом", как в случае Al_2O_3 , и не только способствует вскипанию и атомизации алюминиевой частицы, но и само участвует в горении.

Однако эти технологические процессы требуют дополнительных затрат.

В качестве примера можно рассмотреть горючее на основе керосина с добавкой 10% вес, наноалюминия. Оно имеет меньшую в 2-3 раза задержку самовоспламенения по сравнению с задержкой самовоспламенения керосина без добавок (при температуре 650-750 К и давлении 1 атм) и с энергией прямого инициирования детонации в трубе - не менее чем в 1.5-2 раза ниже, чем для

чистого керосина. Причем температура во фронте пламени увеличивается не менее чем на 100 К. Кроме улучшения энергетической эффективности происходит улучшение стабильности горения, увеличение полноты сгорания, снижение вредных выбросов, снижение сажеобразования, подавление процессов эрозии и образования нагара в камере сгорания многократного использования. [3]

Составные ракетного горючего, стоят:

- керосин ТС-1 – 44500 руб./тонна (36,05 руб./л);
- жидкий кислород – 9204 руб/т (9,2 руб./л); [4]

Цена на высокодисперсный порошок алюминия 633 456 руб./тонна [5]

Учитывая, что алюминий еще необходимо подвергнуть обработке для получения необходимых свойств, реальная производственная цена будет еще выше. Так что необходимо учитывать и

Еще один способ повышения характеристик ЖРД- добавление водорода в камеру сгорания. Анализ результатов показал, что добавление водорода не оказывает существенного влияния на температуру продуктов сгорания, но влияет на молекулярную массу μ и тем самым на значение газовой постоянной R . Это приводит к повышению удельного импульса с ~ 350 до ~ 450 с. Он возрастает с увеличением массы водорода, используемого в качестве добавки к топливу.

Минус этого варианта в том, что в данном случае необходимо вносить существенные корректировки в конструкцию двигателя. Т.е. добавлять в конструкцию насос водорода, регулятор расхода водорода в камере двигателя. Однако на основании эффекта увеличения удельного импульса при использовании добавки водорода возможна разработка трехкомпонентного ЖРД, работающего на двух режимах в качестве первой и второй ступеней ракеты-носителя. [6]

На основании проанализированных данных, можно сделать вывод, что существуют различные способы повышения эффективности ракетного топлива.

Приведенные в данной работе примеры имеют свои недостатки и свои преимущества, поэтому имеют различные области возможного применения.

Использованные источники:

1. Алтунин, В.А., Давдатов Н.Б., Заипова М.А. Анализ путей повышения эффективности жидких горючих двигателей и энергоустановок. -2018. С. 326-330
2. Крушенко Г.Г. Ультрадисперсный алюминий - высокоэнергетическое топливо.— С. 80–84.
3. Старик А.М., Кулешов П.С., Савельев А.М., Титова Н.С. Наноконпонентная энергетическая добавка и жидкое углеводородное топливо.
4. Финансовый сайт: сайт Пружанского Эмиля. [Электронный ресурс]. URL: <http://skolko-poluchaet.ru/skolko-stoit/stoimost-raketnogo-topliva.html>
5. Flagma.RU- бесплатные объявления для бизнеса [Электронный ресурс]. URL:<https://kazan.flagma.ru/poroshok-alyuminievy-serebryanka-pap2-gost5494-o3789946.html>
6. Орлин С.А., Орлов А.В. Увеличение удельного импульса жидкостных ракетных двигателей, работающих на топливе кислород + керосин, методом добавки водорода в камеру сгорания. Инженерный журнал: наука и инновации # 11·2019 с. 1-8.