

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КОМПОНЕНТОВ ТОПЛИВ ЖИДКОСТНЫХ РАКЕТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

МИГУИМ. П.Э. Ваумана

Илья Александрович Евсюков, бакалавр,
Светлана Львовна Березина, к.т.н., доцент кафедры ФН-5,
Елена Анатольевна Елисева, к.т.н., доцент кафедры ФН-5.

Рассмотрены составы высокоэффективных топлив жидкостных ракетных двигателей. Приведены реакции процессов окисления топлив и действия катализаторов. Отмечена необходимость учета экологической составляющей при разработке перспективных топлив

The compositions of high-performance of the fuel for liquid rocket engines are discussed. The reaction of the oxidation of fuels and the action of catalysts are given. The need to take into account the environmental component in the development of promising fuels is indicated

Ключевые слова: топливо, удельный импульс, окислитель, самовоспламенение
Keywords: fuel, specific impulse, oxidizer, self ignition

В жидкостных ракетных двигателях, относящихся к классу химических, используют однокомпонентные топлива, включающие одновременно окислитель и горючее, и двухкомпонентные, при раздельной подаче окислителя и горючего в камеру сгорания.

При выборе состава эффективных топлив [1,2], помимо энергетических характеристик (табл.), необходимо учитывать экологические аспекты, вероятность образования токсичных продуктов при химическом взаимодействии компонентов.

Таблица [3] Характеристики двухкомпонентных топлив

Окислитель	Горючее	Усреднённая плотность топлива г/см ³	Температура в камере сгорания, К	Пустотный удельный импульс, с
Кислород	Водород	0,31	3250	428
Кислород	Керосин	1,04	3755	335
Кислород	Несимметричный диметилгидразин	0,99	3670	344
Кислород	Гидразин	1,07	3446	346
Кислород	Аммиак	0,84	3070	323
Тetraоксид диазота	Керосин	1,27	3516	309
Тetraоксид диазота	Несимметричный диметилгидразин	1,19	3469	318
Тetraоксид диазота	Гидразин	1,23	3287	322
Фтор	Водород	0,62	4707	449
Фтор	Гидразин	1,31	4775	402
Фтор	Пентаборан	1,31	4807	361

При выборе однокомпонентных топлив необходимо учитывать, что в зависимости от условий они могут проявлять себя как топливо или как взрывчатое вещество.

В однокомпонентных топливах используют системы, представляющие собой индивидуальные соединения или растворы нитро- и хлорпроизводных углеводородов в азотной кислоте:

1. Топлива на основе растворов органических веществ в азотной кислоте и оксида азота.
2. Топлива на основе нитросоединений (нитрометана CH_3NO_2) и нитроэфиров (этилнитрат $\text{C}_2\text{H}_5\text{ONO}_2$, метилнитрат CH_3ONO_2).
3. Топлива на основе пероксида водорода и растворов в перексиде водорода органических веществ.

Топливо на основе пероксида водорода разлагается на воду и кислород с выделением теплоты: $\text{H}_2\text{O}_2(\text{ж}) \Rightarrow \text{H}_2\text{O}_{(л)} + 1/2\text{O}_2 + 52,6 \text{ кДж}$, что создает возможность его использования как самостоятельного топлива с низкой температурой горения.

Практическое применение как однокомпонентное топливо нашел 80%-90% пероксид водорода, использовавшийся в ракете V-2 как вспомогательное топливо для образования парогазовой смеси, приводящей в действие турбины насосов, подающих топливо в ракетном двигателе. Его разложение осуществляется при помощи твердых или жидких катализаторов (этиловый спирт, ацетон, глицерин).

Широко применяются гидразин N_2H_4 и его производные (метилгидразин, несимметричный диметилгидразин и их смеси аэрозин).

Гидразин в качестве однокомпонентного топлива используется при каталитическом разложении на азот и водород. В двухкомпонентных топли-

вах N_2H_4 используется как горючее в паре с разными окислителями (азотной кислотой, кислородом, пероксидом водорода, диоксидом азота).

Катализаторами реакции окисления топлива являются соли металлов с переменной степенью окисления; процессы окисления ускоряют CuO , V_2O_5 , PbO , оксиды платины и палладия. Повышения каталитической активности достигают применением смешанных катализаторов ($\text{CuO}+\text{Cr}_2\text{O}_3$, $\text{MnO}_2+\text{PbO}_2$).

В самовоспламеняющихся топливах в качестве катализаторов применяют:

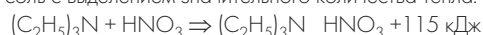
1. хлорное железо $\text{FeCl}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$, вводятся в окислитель (топливо - азотная кислота, амины, непредельные углеводороды);
2. нитрат железа $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$, вводится в окислитель, топливо - то же;
3. соли органических кислот $(\text{RCOO})_2\text{M}$, вводится в горючее, топливо - то же;
4. соединения ванадия $\text{V}_2\text{O}_2\text{Cl}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, топливо- однокомпонентное, пероксид водорода;
5. перманганаты KMnO_4 , NaMnO_4 , $\text{Ca}(\text{MnO}_4)_2$, топливо- однокомпонентное, пероксид водорода.

Самовоспламенение компонентов топлива, представляющее собой реакцию окисления, позволяет упростить конструкцию двигателя и гарантировать воспламенение топливной смеси в камере сгорания. Для снижения периода задержки воспламенения применяют соли железа, меди, ванадия и других металлов.

Самовоспламенению органических веществ при контакте с окислителями предшествует ряд промежуточных реакций, которые начинаются при обычных условиях и протекают с большой скоростью.

В результате первоначального энергичного разогрева реакционной смеси инициируются последующие предпламенные реакции окисления, приводящие затем к воспламенению.

Так, триэтиламин $(\text{C}_2\text{H}_5)_3\text{N}$ с азотной кислотой образует азотнокислую соль с выделением значительного количества тепла:



Выделяющаяся теплота не успевает рассеиваться, что приводит к разогреву реакционной смеси и окислению всей молекулы.

В настоящее время перспективными являются разработки по использованию в качестве горючих предельных жидких углеводородов (метана, этана, пропана) [4], характеризующихся улучшенными энергетическими, эксплуатационными и экологическими параметрами. **□**

Литература

1. Паушкин Я.М. Жидкие и твердые химические ракетные топлива. М.: Изд-во Наука, 1978. 192 с.
2. Тимнат И. Ракетные двигатели на химическом топливе. М.: Изд-во Мир, 1990. 294 с
3. Д. И. Завистовский, В. В. Спесивцев. Конструкция и проектирование жидкостных ракетных двигателей. Харьков: Изд-во Национальный аэрокосмический университет "Харьковский авиационный институт". 2006. 122 с.
4. Калугин К. С., Сухов А. В. Особенности использования метана в качестве горючего для жидкостных ракетных двигателей // Вестник Московского авиационного института. 2018. Т. 25. № 4. С.120-132.

Связь с авторами: dekan-fn@bmstu.ru