

РАЗРАБОТКА РАКЕТЫ-НОСИТЕЛЯ С ГИБРИДНЫМИ РАКЕТНЫМИ ДВИГАТЕЛЯМИ

А.Л. Карташев, И.С. Шулев

В последние годы быстрое развитие микроэлектроники привело к созданию условий для практической реализации идей малых и сверхмалых искусственных спутников земли коммерческого и военного назначения, способных решать широкий круг задач. Для их выведения на орбиту требуется высокоэкономичные ракеты-носители (РН) с малой грузоподъемностью в 150–600 кг, обладающие большой оперативностью пуска и обеспечивающие малое время от поступления заявки до запуска космического аппарата (КА).

Согласно «Прогнозу развития международного рынка космических аппаратов и пусковых услуг на период 2008–2017 годов» от COMSTAC (Commercial Space Transportation Advisory Committee) в настоящее время более 50 % среднегодового количества запусков КА составляют аппараты массой до 600 кг.

Как известно система средств выведения полезного груза является фундаментом космической деятельности. Степень их совершенства, надежность и стоимость запуска предопределяет ее эффективность, в первую очередь – удельную стоимость выводимого в космос полезного груза.

Исходя из проблем эксплуатации современных РН и оценки реализуемости долгосрочных космических программ, в основу формирования отечественной системы выведения положены следующие требования [3]:

- поддержание на требуемом уровне надежности и безопасности пусков;
- сокращение номенклатуры и унификация системы выведения;
- модернизация и максимальное использование задела по агрегатам, системам, производственной и стендово-экспериментальной базам, наземным комплексам;
- снижение вредного воздействия системы выведения на окружающую среду (сокращение токсичных компонентов, площадей районов падения, снижение уровня техногенного засорения орбит)
- создание научно-технического задела и технологического задела по ключевым элементам системы выведения нового поколения;
- расширение функциональных возможностей и улучшение эксплуатационных характеристик, в том числе создание специальных бортовых технических средств, обеспечивающих групповые запуски КА на целевые орбиты, а также разработка конструкции разгонного блока (РБ), позволяю-

щей реализовать менее энергозатратные схемы выведения на геостационарную орбиту КА;

– снижение удельной стоимости выведения КА.

Это привело к началу работ в новом для отечественного ракетостроения направлении, связанным с созданием легких РН. В настоящее время на ракетных носителях применяются в основном двигатели, работающие на химических топливах, причем основными типами этих двигателей являются жидкостные ракетные двигатели (ЖРД) и твердотопливные ракетные двигатели (РДТТ).

Но эти типы двигателей наряду с достоинствами обладают и определенными недостатками. Двигатели обоих типов непрерывно совершенствуются, и некоторые их качества могут быть улучшены. Однако, вместе с тем, многие из недостатков этих двигателей нельзя устранить полностью, они связаны с использованием в двигателях только жидкого или только твердого компонентов топлива.

Из анализа тенденций развития отечественных средств выведения следует, что перспективы дальнейшего совершенствования традиционных РН, создание многоразовых средств выведения связываются в первую очередь с разработкой или модернизацией для них высокоэффективных и надежных ракетных двигателей, в том числе гибридных, для которых исследуются и уточняются области применения. Рассматриваются возможные области применения гибридных ракетных двигателей (ГРД) в составе ракет легкого класса, использование которых прежде всего будет связано с созданием малых КА различного назначения, а также космических разгонных блоков.

Ракета-носитель на базе ГРД обладает рядом преимуществ, что делает его весьма перспективным средством выведения полезной нагрузки в околоземное пространство [2].

1. Гибридные ракетные двигатели, работающие на твердом горючем и жидком или газообразном окислителе, по своим удельным энергомассовым характеристикам занимают промежуточное положение между жидкостными ракетными двигателями на криогенных топливах и ракетными двигателями на твердом топливе.

ГРД имеют более высокие значения удельного импульса, чем РДТТ, вследствие использования топлив с большим запасом химической энергии, но при этом одинаковых или несколько меньших значений удельного импульса (УИ), чем у ЖРД. Поэтому у двигателей на комбинированном топливе по сравнению с ЖРД должна повыситься надежность вследствие отсутствия исполнительных устройств и магистралей, отвечающих за подачу и размещение второго жидкого компонента и уменьшится стоимость разработки, производства в двигательной установке в целом. Соответственно упростится и эксплуатация.

2. Твердый компонент комбинированного топлива представляет собой практически инертное вещество. Его производство пожаро- и взрывобезопасно и потому является простым и дешевым. Горючее и окислитель могут

изготавливаться отдельно, на обычных химических заводах, с помощью стандартного оборудования. В принципе комбинированное топливо может быть самым безопасным из всех высокоэнергетических топлив.

3. Механические свойства заряда у двигателей на комбинированном топливе могут быть значительно лучше, чем у заряда РДТТ. Дело в том, что состав последнего с целью достижения наивысшего (для данной композиции) значения УИ вводится весьма ограниченное количество горючесвязующих материалов (не более 20 %). Количество связующих веществ в заряде у двигателей на комбинированном топливе равно от 30 до 100 % и более, что обеспечивает существенное улучшение прочности, упругости и других механических свойств заряда и повышает срок его хранения без снижения кондиции.

4. Скорость горения заряда у двигателей регулируется в основном изменением расхода второго компонента топлива. Поэтому дефекты заряда (трещины, раковины и т. п.) не приводят ни к увеличению скорости горения, ни к неконтрольному изменению параметров процесса. Эксперименты [1] свидетельствуют, что внутри трещин, а также в местах отслоения заряда от стенок камеры сгорания процесса горения нет. Эта же особенность обеспечивает независимость параметров двигателя на комбинированном топливе от температуры окружающей среды. Слабая чувствительность рабочего процесса к давлению в камере, температуре топлива, дефектам заряда и другим технологическими эксплуатационным факторам позволяет достичь стабильности характеристик этого двигателя в различных условиях эксплуатации без термостатирования двигательной установки.

5. Важнейшим достоинством гибридного двигателя являются широкий диапазон регулирования модуля тяги и возможность многократного включения и выключения двигателя в процессе одного полета. Это свойство делают его наиболее пригодным для решения задач, связанных с освоением космического пространства.

6. Рабочий процесс двигателя на комбинированном топливе отличается высокой устойчивостью [2]. Отсутствием аномального горения и колебательных процессов в двигательной установке, дополнительно повышает надежность двигателя и сокращает объем доводочных работ. Именно высокая устойчивость рабочего процесса позволяет изменять величину тяги двигателя в процессе одного запуска более чем на порядок.

7. Возможность устойчивой работы двигательной установки при давлении в камере сгорания на порядок меньше рабочих давлений РДТТ и ЖРД.

8. Стенка камеры сгорания от воздействия нагретых газов защищена зарядом. И в зависимости от применяемого жидкого компонента топлива, он может использоваться для охлаждения стенок сопла.

9. Вследствие более широкого выбора компонентов комбинированные топлива выгодно отличаются (особенно от унитарных твердых топлив) небольшой стоимостью производства.

10. При использовании ракетных двигателей на комбинированном топливе существует широкие возможности для обеспечения экологически чистых продуктов сгорания, а также существует большой ряд нетоксичных и малотоксичных компонентов топлива.

11. Сроки и стоимость создания двигателя на комбинированном топливе могут быть существенно уменьшены благодаря использованию опыта ЖРД и РДТТ.

Из сказанного вытекает, что двигатель на комбинированном топливе не суммирует положительные и отрицательные качества двигателей работающих на компонентах топлива одного агрегатного состояния, а является особым типом химических ракетным двигателем, имеющим собственные достоинства и недостатки, которые и определяют целесообразность применения этих двигателей для решения отдельных перспективных задач ракетной техники.

Использование ГРД в составе РН легкого класса позволяет создать, для определенного класса КА, простую и надежную конструкцию, а также это позволит снизить удельную стоимость выводимого в космос полезного груза. Анализ показывает конкурентоспособность данного РН легкого класса на базе ГРД по сравнению с некоторыми РН на жидкостных и твердотопливных двигателях.

Библиографический список

1. Волков, Е.Б. Ракетные двигатели на комбинированном топливе / Е.Б. Волков, Г.Ю. Мазинг, Ю.Н. Шишкин. – М.: Машиностроение, 1973. – 184 с.
2. Головков, Л.Г. Гибридные ракетные двигатели / Л.Г. Головков. – М.: Воениздат, 1976. – 168 с.
3. Процессы в гибридных ракетных двигателях / А.М. Губертов, В.В. Мионов, Р.Г. Голлендер и др.; под ред. А.С. Коротева. – М.: Наука. – 2008. – 405 с.