

УДК 629.764.7

Анализ характеристик сверхлегких жидкостных ракет-носителей на двигателях с автономным дожиганием генераторного газа

Бечаснов Павел Михайлович^(*)

bechasnov@bmstu.ru

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия

Аннотация. Анализ зависимости полезной нагрузки сверхлегких ракет-носителей от давления в камерах сгорания показывает оптимум стоимости РН в диапазоне 100...200 бар. Это требует создания сложных и дорогостоящих двигателей замкнутой схемы. Поэтому предлагается дожигание генераторного газа в отдельной камере меньшего давления. Это упростит конструкцию и отработку двигателя. Расчет показывает возможность снижения стоимости РН на несколько процентов по сравнению с использованием двигателей открытой или замкнутой схемы.

Ключевые слова: сверхлегкие ракеты-носители, оптимальное давление в камере сгорания, автономное дожигание генераторного газа, экономическая эффективность, вспомогательный компонент

Введение. Для создания конкурентоспособных сверхлегких ракет в России необходимо разрабатывать новые двигатели, минимизируя затраты на разработку и производство. Поэтому целью работы было определение экономически оптимального давления в двигателях сверхлегких ракет-носителей (РН) и формирование схемы двигателя, уменьшающей указанные затраты.

Для этого были решены следующие задачи:

- построена эмпирическая модель стоимости сверхлегкой РН в зависимости от давления в камерах сгорания;
- предложена схема рабочего процесса в двигателе, отличающаяся от открытой дожиганием генераторного газа в отдельной камере;
- оценены характеристики предложенной схемы в сравнении с замкнутой и открытой для топливной пары «жидкий кислород+керосин», в том числе с использованием аммиака как вспомогательного компонента;
- оценен экономический эффект от ее использования в сверхлегких РН.

Актуальность темы обусловлена разработкой в России сверхлегких РН и новых двигателей для них. Научная новизна определяется отсутствием подобных оценок, определяющих требования к создаваемым РН.

Материалы и методы; результаты. Для сверхлегкой ракеты была построена зависимость массы полезной нагрузки от давления в камерах двигателей с помощью баллистического проектирования с расчетом удельного импульса в программе RPA [1]. По известному давлению и массе РН были оценены стоимость двигателей и РН с использованием моделей [2, 3]. Анализ показал оптимум по давлению в камерах около 60...100 бар.

Расчет проводился с осреднением для различных давлений с помощью зависимостей [4]. Удельный импульс камеры дожигания рассчитывался в RPA по составу генераторного газа.

Автономное дожигание снижает потери двигателей открытой схемой в вакууме, позволяя использовать существующие камеры, почти достигая уровня замкнутой схемы. Использование аммиака улучшает характеристики двигателя.

Заключение. Оптимальное давление в двигателях сверхлегких РН составляет 60–100 бар. Тогда двигатели с автономным дожиганием имеют меньший вес, чем замкнутой схемы, и лучшие показатели, чем открытой, снижая стоимость РН на несколько процентов.

Список источников

- [1] Ponomarenko A. RPA — Tool for Rocket Propulsion Analysis. *Space Propulsion-2014. Conference*. Germany, Cologne, 2014, 11 с.
- [2] Koelle D.E. *Handbook of cost engineering for space transportation systems (revision 2) with Transcost 7.2 : statistical-analytical model for cost estimation and economical optimization of launch vehicles*. Ottobrunn, Liebigweg TransCostSystems, 2007.
- [3] Sjovold A.R., Morrison D.C. Rocket Propulsion Cost Modeling. *Cost Analysis Applications of Economics and Operations Research. Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems. Conference paper*. Springer, New York, 1989, vol. 332.
https://doi.org/10.1007/978-1-4684-6384-2_14
- [4] Добровольский М.В. *Жидкостные ракетные двигатели. Основы проектирования*. Москва, Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2016, 460 с.