

Ю. А. Митиков

НАДДУВ БАКА РАКЕТЫ С РГ-1 ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫМ ГАЗОМ

Проведены исследования высокотемпературной генераторной системы наддува бака ракеты-носителя с РГ-1. Предложены оптимальные режимы.

Ключевые слова: генераторная система наддува, бак с РГ-1.

1. Введение

Исследование посвящено изысканию новых высокоэффективных систем наддува (СН) баков с РГ-1 двигательных установок (ДУ) ракет-носителей (РН), использующих самый распространенный окислитель — жидкий кислород. СН являются важной и своеобразной составляющей космического комплекса [1]. Они во многом определяют конструктивную сложность не только самой РН (следовательно, и ее стоимость и надежность), а, что не менее важно, еще и космодрома с испытательной базой [2].

В настоящее время все больше стран стремятся оказывать пусковые услуги. Конкуренция в этой области техники далее будет только возрастать, и побеждать в ней будет тот, кто обеспечит меньшую стоимость вывода 1 кг полезной нагрузки на опорную орбиту с требуемой надежностью.

2. Постановка проблемы

Если для баков с кислородом РН известны простые автономные (не использующие ресурсов старта) испарительные [3] и политропные СН [4], то для баков с РГ-1 применяются сложные, тяжелые гелиевые газобаллонные СН [5, 6]. Целью исследования — внедрение в практику ракетостроения конструктивно простых, эффективных высокотемпературных газогенераторных (на основных компонентах топлива) СН, которые блестяще себя зарекомендовали на МБР (компоненты топлива АТ и НДМГ) СССР. Применение таких СН на космических РН позволило бы существенно упростить конструкции ракеты, стартовой позиции и испытательной базы, снизить стоимость запуска спутника при повышении надежности. Основная проблема, препятствующая внедрению генераторных СН баков с РГ-1, — наличие большого процента сажи в продуктах сгорания (ПС) при освоенных в этих системах температурах (до 850 °С) [7], которая может забить внутрибаковые устройства, фильтры, форсунки.

3. Основная часть

3.1. Анализ литературных источников по теме исследования. При наддуве бака генераторным газом

внутри его происходят крайне сложные процессы, которые надо представлять и описывать для проведения расчетов параметров СН. В начале наддува струя газа внедряется в поверхность топлива. В зоне внедрения (каверна) происходят интенсивные тепло-массообменные процессы. При однорежимных газоводах происходит резкое падение давления газа в баке [8]. Оптимизации условий ввода газа наддува в баки посвящена работа [9]. Определению геометрических размеров каверны, систематизации данных по режимам взаимодействия и величинам определяющих скоростей посвящена работа [10]. В исследовании [11] даны рекомендации по расчету скорости газа наддува по высоте бака (дальности струи) при неизотермичности более 3 с учетом осевой перегрузки. В работе [12] показано, что для баков большого удлинения (больше 1,5) существенную роль на распространение струи начинает играть стесняющее действие конструкции бака. В исследовании [13] отражена роль предпускового наддува в исходном состоянии системы на момент старта носителя. Работы [14] обобщает указанные исследования в виде методики расчета параметров СН.

3.2. Результаты исследований. Термодинамические расчеты показывают, что максимальное значение газовой постоянной ПС ~ 530 Дж/кг · град наблюдается при температуре в газогенераторе ~ 1770 К (рис. 1). Отклонение от этой температуры в любую сторону приводит к падению газовой постоянной.

При наддуве бака с такой температурой ПС на входе температура их внутри бака по известным причинам заметно меньше. Как видно из рис. 2, где приведены результаты равновесного охлаждения

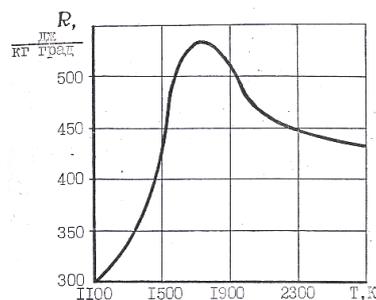


Рис. 1. Зависимость газовой постоянной R от температуры ПС

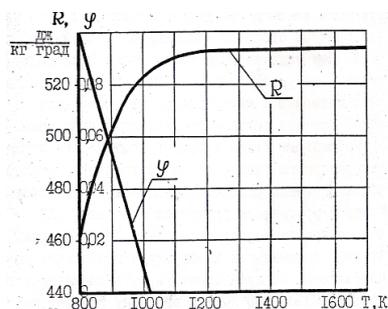


Рис. 2. Равновесное охлаждение ПС:
φ — массовая доля углерода

ПС, при температуре ниже 1100 К происходит рост доли углерода в ПС и снижение величины их газовой постоянной. Давление ПС влияния на ее величину практически не оказывает.

Рассмотрение кинетики химических реакций показывает, что реакции, приводящие к образованию сажи, происходят за $\Delta t \sim 2,5$ с в температурном диапазоне 1100–670 К. Таким образом, задача получения «чистых» продуктов сгорания с максимально возможной работоспособностью сводится к быстрому ($\Delta t \leq 1$ с) охлаждению ПС в баке. Эта задача вполне разрешима.

В настоящее время в СН достигнута температура продуктов сгорания ~ 1120 К. Попытки использовать более горячий газ приводили к перегреву верхнего алюминиевого днища. Однако и эта проблема разрешима.

Сравнение результатов расчетов параметров предложенной нами генераторной СН и самой эффективной из применяемых на сегодняшний день сверххолодной гелиевой [15] (по методике [14]) I ступени РН показывает, что при прочих равных условиях выигрыш в массе полезной нагрузки составляет не менее 30 кг (для двухступенчатой РН среднего класса). Это открывает путь заметного упрощения схемы РН, ее стартовой позиции и испытательной базы.

Литература

1. Митиков Ю. А. Газобаллонные системы наддува и ракеты-носители нового поколения [Текст] / Ю. А. Митиков // Космическая техника. Ракетное вооружение. — 2012. — № 1. — С. 179–185.
2. Митиков Ю. А. Пути повышения надежности и безопасности эксплуатации ракетных комплексов [Текст] / Ю. А. Митиков, В. А. Антонов, М. Л. Волошин, А. И. Логвиненко // Авиационно-космическая техника и технология. — 2012. — № 3(90). — С. 30–36.
3. Митиков Ю. А. Возможности наддува бака с РГ-1 жидким кислородом [Текст] / Ю. А. Митиков, А. Ю. Загаевский // Проблемы высокотемпературной техники. — 2012. — № 1. — С. 87–92.
4. Митиков Ю. А. Определение уровня кипящего топлива в баке ракеты-носителя [Текст] / Ю. А. Митиков // Радиоэлектронні і комп'ютерні системи. — 2012. — № 2(54). — С. 44–48.
5. Мітіков Ю. О. Надходне польотне наддування баків з вуглеводневим паливом ракет-носів [Текст] / Ю. О. Мі-

6. Митиков Ю. А. Совершенствование газобаллонной системы полетного наддува [Текст] / Ю. А. Митиков, А. И. Артамонов // Вісник НТУ «ХПІ». — 2012. — № 26. — С. 16–21.
7. Галась М. И. Системы основного наддува топливных баков ракет с углеводородным топливом типа керосин. Автономная обработка [Текст] : уч. пособ. / М. И. Галась, Ю. А. Митиков. — Д. : ГKB «Южное», ДГУ, 1990. — 37 с.
8. Мітіков Ю. О. Рекомендації по проектуванню газоводів баків великого подовження [Текст] / Ю. А. Митиков, М. В. Поляков // Збірник наукових праць ХУПС. — 2012. — Вип. № 2(31). — С. 130–135.
9. Митиков Ю. А. Оптимизация скорости ввода горячего гелия в бак с кислородом [Текст] / Ю. А. Митиков, С. А. Куда // Вісник НТУ «ХПІ». — 2012. — № 34. — С. 9–16.
10. Митиков Ю. А. К вопросу определения диаметра кратера при взаимодействии струи газа с жидкой фазой [Текст] / Ю. А. Митиков, Л. В. Пронь // Известия ВУЗов. Черная металлургия. — 1981. — № 3. — С. 45–47.
11. Митиков Ю. А. Расчет параметров неизоэнтальпической струи в баке [Текст] / Ю. А. Митиков, В. А. Мосейко // В кн. : Рабочие процессы в двигателях. Тем. сб. науч. тр. МАИ. — 1980. — С. 51–52.
12. Митиков Ю. А. Определение коэффициентов стеснения неизоэнтальпических турбулентных струй [Текст] / Ю. А. Митиков, С. А. Куда // Проектирование сложных технических систем. Сб. н. тр. ИТМ АН УССР. — 1989. — С. 153–155.
13. Митиков Ю. А. Системное проектирование предпускового наддува баков с кислородом [Текст] / Ю. А. Митиков // Системные технологии. — 2012. — № 1(78). — С. 152–157.
14. Митиков Ю. А. Расчетно-экспериментальное исследование системы сверх холодного наддува [Текст] / Ю. А. Митиков // Системне проектування та аналіз характеристик аерокосмічної техніки. — 2012. — т. XIII. — С. 61–69.
15. Способ наддува топливного бака [Текст] : пат. 51806 Украина: МПК В64D 37/24 / Шевченко Б. А., Митиков Ю. А., Логвиненко А. И. — № 2000031474; заявл. 15.03.00; опубл. 16.02.02.

НАДДУВАННЯ БАКУ РАКЕТІ З РГ-1 ВІДНОВНЮВАЛЬНИМ ГАЗОМ

Ю. О. Мітіков

Проведено дослідження високотемпературної генераторної системи наддуву бака ракети-носія з РГ-1. Запропоновано оптимальні режими роботи.

Ключові слова: генераторна система наддуву, бак з РГ-1.

Юрій Олексійович Мітіков, завідувач кафедру двигунобудування Дніпропетровського національного університету імені Олеся Гончара, кандидат технічних наук, доцент, тел.: (067) 565-00-05, e-mail: mitikov@yandex.ru.

TANK PRESSURIZATION ROCKETS WITH RP-1 REDUCING GAS

Y. Mitikov

The study of high-generator pressurization system booster tank with RP-1 was done. Optimum operating conditions are given.

Keywords: generator pressurization system, the tank with RP-1.

Yuri Mitikov, head of the Department of engine Oless Gonchar Dnipropetrovsk National University, Ph. D., Associate Professor, mel.: +38 067 565-00-05, e-mail: mitikov@yandex.ru.