

УДК 681.3

Кожемякин С.А.,

студент

5 курс, факультет «Институт космической техники»

Сибирский Государственный университет науки и технологий

им. академика М.Ф. Решетнёва

Россия, г. Красноярск

Пилипенко А.А.,

студент

5 курс, факультет «Институт космической техники»

Сибирский Государственный университет науки и технологий

им. академика М.Ф. Решетнёва

Россия, г. Красноярск

ПЕРЕДОВОЙ ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЖИДКОСТНЫХ РАКЕТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Аннотация: В настоящее время, пути совершенствования жидкостных ракетных двигателей в значительной мере зависят от космической политики мировых и региональных держав. Публикации специалистов отражают опыт исследований в США, Китае, России, а также в ряде региональных держав: Иране, Индии, Японии, Израиле и Северной Корее. В статье представлены основные направления повышения эффективности существующих и перспективных направлений проектирования жидкостных ракетных двигателей.

Ключевые слова: программы пилотируемых полетов, освоение космического пространства, жидкостный ракетный двигатель, взрывные процессы, добавки в топливо, жидкое топливо.

BEST PRACTICES IN THE USE OF LIQUID ROCKET ENGINES

Annotation: *Currently, the ways to improve liquid rocket engines largely depend on the space policy of world and regional powers. The experts' publications reflect research experience in the United States, China, Russia, as well as in a number of regional powers: Iran, India, Japan, Israel, and North Korea. The article presents the main directions of improving the efficiency of existing and future directions of designing liquid rocket engines.*

Keywords: *manned flight programs, space exploration, liquid rocket engine, explosive processes, fuel additives, liquid fuel.*

Качественный скачок в развитии космических транспортных средств может быть достигнут путем разработки и внедрения принципиально новых двигателей, использующих быстропротекающие (взрывные) процессы, например пульсирующих детонационных двигателей. Для такого типа двигателей характерны:

- детонационный механизм преобразования энергии,
- высокая (вплоть до ультразвуковой) частота рабочих циклов,
- отсутствие механической клапанной решетки,
- возможность работы как в ракетном, так и воздушно-реактивном режимах [1].

Однако, исследования российских ученых, проводимые на базе отраслевых НИИ и конструкторских бюро соответствующего профиля, показали, что жидкостные ракетные двигатели остаются основными для перспективных средств выведения летательных аппаратов на орбиту в ближайшие 20 лет. Необходимо отметить, что в основе действия жидкостного ракетного двигателя лежит химическая реакция жидкого топлива, в качестве которого выступает, например, сжиженный газ. Перспективные разработки в сфере разработки новых современных конструкций в полной мере основаны

на жидкостных ракетных двигателях. Однако, такие исследования не всегда завершаются успешными испытаниями и внедрением, что связано с огромными затратами на финансирование как со стороны государства, так и со стороны частных инвесторов. В настоящее время российская компания «Лин Индастриал» разрабатывает ракету «Таймыр» с диапазоном полезных нагрузок от 10 килограмм до 180-ти при выводе на низкую околоземную орбиту. Еще в 2016 году «Лин Индастриал» провела огневые испытания жидкостного ракетного двигателя РДЛ-100С «Атар», предназначенного для носителя, а также испытала дозвуковой «летающий стенд» с целью отработки одного из вариантов системы управления. В настоящее время проект не закончен по причине его остановки руководством - «Роскосмос» не проявил большого интереса к инвестированию, а денег частных инвесторов оказалась недостаточно.

Такая ситуация характерна не только для российской космонавтике, где ЖРД все же являются основой. Ученые-конструкторы других стран неустанно совершенствуют конструкции ЖРД. Так, например, Китай обладает независимыми надёжными средствами для доступа в космическое пространство, обеспечив себе конкурентные преимущества на мировом рынке [2]. Совершенствуя свои конструкторские разработки в разных направлениях освоения космического пространства китайские ученые основываются на использовании ЖРД. Ракета легкого класса Newline-1, разрабатываемая частной компанией Linkspace, будет состоять из двух ступеней, первая из которых сможет возвращаться на Землю и использоваться повторно, подобно американской Falcon 9. RLV-T5, имеющая длину 8,1 метров и диаметр 65 см., укомплектована пятью жидкостными двигателями. В качестве горючего используется этанол и сжиженный кислород.

Необходимо отметить конструктивные разработки в Иране. В основе самых современных проектов страны лежит создание ракеты-носителя (РН) Сафир. В настоящее время эта серия достаточно успешно эксплуатируется

правительство с научных целях и имеет место несколько вариантов модернизаций ракеты-носителя. Все они представляет собой двухступенчатую жидкостную ракету. Стартовая масса РН составляет около 25 т, длина - 25-30 м. В двигательных установках в качестве компонентов топлива используется окислитель АК-27И (на основе азотной кислоты) и углеводородное горючее - ТМ-185 [2].

Современные ЖРД – визитная карточка японской космонавтики. В 2020 году закончено строительство новой ракеты компанией Mitsubishi Heavy Industries. Базовая структура ракеты включает усовершенствованный жидкостной двигатель.

В целом, в качестве перспективных направлений использования ЖРД ученые Исследовательского центра им. М.В. Келдыша совместно с ЦНИИМаш выделили следующие технологии [3]:

- использование сжиженных природных газов (СПГ) в качестве универсального, экологически чистого горючего;
- применение новых схем двигателя, в частности с дожиганием восстановительного генераторного газа, и эффективных систем охлаждения камер сгорания;
- использование высокоэффективных систем контроля качества и надежности двигателей в производстве;
- применение новых рациональных схем трехкомпонентных ЖРД.

Эти технологии характеризуют три типа перспективных ЖРД:

1 Кислородно-метановые ЖРД. Создание такого двигателя может рассматриваться как составная часть общероссийской программы расширения и повышения эффективности использования сжиженных природных газов на автомобильном, железнодорожном, авиационном транспорте и в ракетно-космической технике. Необходимость реализации такой программы может быть обусловлена дефицитом вырабатываемых из нефти топлив, большими

запасами, доступностью и относительной дешевизной природного газа, а также экологическими преимуществами его применения.

2 Трехкомпонентный двигатель. Для разработки в дальнейшем наиболее эффективных одноступенчатых систем выведения необходимо создание ЖРД нового поколения, работающих при использовании с жидким кислородом двух горючих- водорода и УВГ. Основным преимуществом трехкомпонентных ЖРД по сравнению с двухкомпонентными кислородно-водородными двигателями является уменьшение потребных запасов водорода в 1,5...2 раза, что позволит сократить затраты на выведение ПН. Это обеспечит также уменьшение «сухой» массы конструкции носителя. Проведенные исследования показали конкурентоспособность и значительную эффективность ЖРД, работающих на трехкомпонентном топливе.

3 Жидкостно-воздушный ракетный двигатель (ЖВРД). Разработка двигателей, работающих с использованием атмосферного воздуха, связана с решением ряда новых научно-технических проблем, что, как показывает анализ, отодвигает возможность создания ЖВРД на более отдаленное будущее. ЖВРД следует рассматривать в первую очередь как перспективный двигатель для одноступенчатых многоразовых воздушно-космических систем. [4].

Кроме того, необходимо отметить возможности использования различных добавок и присадок для повышения эффективности жидких ракетных горючих. Их внедряют на нефтеперерабатывающих заводах. Литий и бериллий- представители таких добавок [5].

В заключение следует говорить о том, что на настоящем этапе развития космических транспортных средств сложилась ситуация, когда возможности по совершенствованию химических ракетных двигателей традиционных типов (на основе стационарных или медленно протекающих рабочих процессов) практически полностью исчерпаны и ограничены незначительным улучшением энергомассовых характеристик, достигаемым, как правило, в

ущерб надежности, безопасности и экологичности. Качественный скачок в развитии космических транспортных средств может быть достигнут путем разработки и внедрения принципиально новых двигателей, использующих быстропротекающие (взрывные) процессы, например пульсирующих детонационных двигателей.

Библиографические ссылки:

1. Россия и международная безопасность в космосе / Отв. ред. А.А. Кокошин; Научн. Ред. А.Д. Богатуров. М.: КРАСАНД, 2013. С.25-31.
2. Ганиев Т.А., Карякин В.В. Космическая политика мировых и региональных держав/ Т.А. Ганиев, В.В. Карякин. Монография. - М.: Архонт, 2020. С.55.
3. Алтунин В.А., Алтунин К.В., Алиев И.Н., Абдуллин М.Р., Давлатов Н.Б., Платонов Е.Н., Яновская М.Л. Некоторые пути повышения эффективности жидких и газообразные углеводородных и азотосодержащих горючих для двигателей летательных аппаратов. Тепловые процессы в технике. 2019. Т. 11. № 10. С. 453-479.
4. Алтунин В.А., Давлатов Н.Б., Зарипова М.А. и др. Некоторые пути повышения эффективности углеводородных и азотосодержащих горючих космического применения // Журнал «Военмех. Вестник БГТУ», № 55, 2019. С. 424-429.
5. Алтунин, В.А., Давлатов Н.Б., Заипова М.А. Анализ путей повышения эффективности жидких горючих двигателей и энергоустановок, 2018. С. 326-330.