

В. В. Артамонов

**РАЗРАБОТКА ДВИГАТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ  
С ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТЫМ ДВИГАТЕЛЕМ  
МАЛОЙ ТЯГИ ДЛЯ РАЗГОННЫХ БЛОКОВ**

*Рассмотрена возможность создания двигательной установки с экологически чистым двигателем малой тяги для разгонных блоков.*

**E-mail: delta\_82@mail.ru**

**Ключевые слова:** разгонный блок, двигательная установка.

В настоящее время ведется разработка кислородно-водородных разгонных блоков (РБ), предназначенных для выведения на высокоэнергетические орбиты (высококруговые и высокоэллиптические, включая геопереходные и геостационарные), а также на отлетные траектории космических аппаратов военного, научного, социально-экономического назначения и по коммерческим программам. Разгонный блок является верхней ступенью ракет носителей космического назначения, и поэтому его конструкция должна осуществлять многочасовой полет в условиях космического пространства. Таким образом, РБ должен иметь маршевый двигатель многократного включения, а также дополнительную реактивную систему или двигательную установку, обеспечивающую ориентацию и стабилизацию движения РБ и создание условий для запуска маршевого двигателя.

Поскольку во вновь разрабатываемых РБ для работы маршевого двигателя используют экологически чистую топливную пару — кислород + водород, то целесообразно использовать эту топливную пару и для работы двигательной установки ориентации, стабилизации и обеспечения запуска (ДУ СООЗ). Анализ материалов зарубежной и отечественной литературы показал, что двигатели малой тяги (ДМТ), использующие высокоэффективное экологически чистое топливо кислород—водород занимают в основном, фирмы США, России и Германии. Вплотную к разработке двигателя на газообразных кислороде и водороде приступила фирма Rocketdyne (США). В соответствии с принятыми схемами двигательных установок, рассмотрен двигатель тягой  $\approx 0,7$  кН.

По заказу NASA фирмой DASA (Messerschmitt – Bolkow – Blohm) (Германия) разработан двигатель тягой 6,6 кН. В лаборатории реактивного движения (JPL) Калифорнийского технологического института по контракту с NASA были проведены исследования характеристик конструктивных вариантов ДМТ для тяг диапазона 134...445 Н.

Результаты этих разработок продемонстрировали высокий уровень достижимых энергетических и ресурсных характеристик и определили основные направления совершенствования конструкции двигателя.

В нашей стране велись работы по разработке ДМТ на газообразных кислороде и водороде тягой 150 и 25 Н. Результатом проведенных работ стали испытания ДМТ тягой 150 Н, в результате которых были найдены параметры надежного запуска двигателя.

Также в настоящее время испытываются кислород-водородные ДМТ с номинальной тягой 400 и 20 Н.

В целом, анализ материалов по кислород-водородным двигателям малой тяги показал следующее:

- к настоящему времени накоплен определенный опыт разработок и экспериментальных исследований ДМТ на газообразных кислороде и водороде, включая двигатели, работающие в импульсных режимах;

- уровень тяг разработанных образцов ДМТ лежит в диапазоне 0,3...6,7 кН;

- в качестве смесительных элементов используются, главным образом, коаксиальные и центробежные форсунки, в отдельных случаях струйные и щелевые форсунки;

- для обеспечения теплового состояния камеры двигателей используются различные способы охлаждения: завесное, емкостное (в районе критического сечения сопла), радиационное (в закритической части сопла), регенеративное;

- в качестве конструкционных материалов широко используются медь и никель (для внутренней огневой стенки камеры сгорания) и жаропрочные сплавы, в частности, на основе ниобия и рения;

- зажигание топливной смеси осуществляется, как правило, с помощью электрических систем зажигания. Рассматривается возможность применения газодинамических систем воспламенения.

Однако следует отметить, что пока не удалось обнаружить сведений об эксплуатации кислород-водородных двигателей малой тяги. Вместе с тем, очевидные экологические преимущества наряду с аналитическим подтверждением эффективности применения двигательной установки с двигателями малой тяги на газообразном топливе (кислород + водород), позволяют рассматривать задачу создания таких двигателей и двигательных установок как одну из перспективных.

Основными направлениями решения данных научно-технических задач являются:

- создание высокоэффективных смесительных головок, обеспечивающих высокую полноту сгорания топлива при своих небольших габаритах;

- проведение исследований кинетики процессов воспламенения газообразного кислорода и водорода при низких температурах в широком диапазоне значений коэффициента избытка окислителя в целях обеспечения требуемых динамических характеристик двигателей;

- отработка систем зажигания: электрических (электроэрозионная свеча, калильная свеча) и лазерного зажигания;
- создание надежных быстродействующих газовых клапанов для ДМТ, а также агрегатов для пневмогидравлической системы ДУ СООЗ, работающих при более низких температурах и при большем давлении, чем аналогичные агрегаты, которые используются в пневмогидравлических системах ДУ работающих на компонентах топлива АТИН+НДМГ;
- определение характеристик систем регулирования (поддержания постоянства тяг и соотношение расходов компонентов топлива через двигатели);
- разработка и отработка систем газификации компонентов топлива в составе разгонного блока, так как компоненты топлива для маршевого двигателя находятся в жидком состоянии;
- исследование теплообмена между элементами конструкции ДУ СООЗ и элементами конструкции разгонного блока, а также теплообмен с окружающей средой;
- исследования совместимости композиционных материалов на основе углерода с криогенными компонентами (кислород + водород) топлива. Исследование защитных покрытий;
- исследование сжимаемости газообразного кислорода при низких температурах;
- исследование работоспособности и прочности характеристик силовых оболочек из композитных материалов, формируемых на лейнерах из титанового сплава ОТ-4 при криогенных температурах;
- создание более совершенных систем контроля и управления расходом топлива.

Успешное решение задач по созданию ДУ СООЗ на топливной паре кислород + водород позволит использовать экологически чистые двигательные установки на разгонных блоках, а в дальнейшем подобные двигательные установки могут быть разработаны и для других видов космической техники.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пневмогидравлические системы двигательных установок с жидкостными ракетными двигателями / В.И. Челомей, Д.А. Полухин, Н.Н. Миркин и др.; под ред. В.И. Челомея. – М.: Машиностроение, 1978. – 239 с.
2. Жуковский А. Е., Кондрусев В. С. Испытание жидкостных ракетных двигателей. – М.: Машиностроение, 1981. – 199 с.
3. Козлов А. А. Выбор топлива, схемы и основных параметров жидкостной ракетной двигательной установки на ранних этапах проектирования. – М.: Изд-во МАИ, 1997. – 48 с.

Статья поступила в редакцию 07.09.2012