

УДК 629.78.05

## **К ВОПРОСУ РАЗРАБОТКИ ПЕРСПЕКТИВНОЙ КИСЛОРОДНО-ВОДОРОДНОЙ ДВИГАТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ НА ОСНОВЕ ЭЛЕКТРОЛИЗА ВОДЫ И ЖРДМТ НА КОМПОНЕНТАХ $H_2Г + O_2Г$ ДЛЯ МКА**

Рыжков В.В., Лапшин Е.А., Силютин М.В.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П.Королёва (национальный исследовательский университет), г. Самара

Система управления пространственным положением космического аппарата с исполнительными органами, в качестве которых применяются ЖРДМТ, является важнейшей составной частью современного аппарата, в значительной степени определяющая его эффективную работу на орбите.

До настоящего времени для целей управления КА используются двигательные установки с ЖРДМТ на компонентах топлива типа гидразин, НДМГ + АТ и ДУ с электроракетными двигателями.

К побудительным мотивам создания ДУ с ЖРДМТ на продуктах электролиза воды (газообразных кислороде и водороде) следует отнести увеличение доли маломассогабаритных аппаратов (МКА) в орбитальных группировках развитых стран в среднесрочной перспективе и наличие технических предпосылок для разработки автономных устройств электролиза воды с достаточно высоким энерго-массовым совершенством.

Создание бортовой кислородно-водородной ДУ на основе электролиза воды и ЖРДМТ на компонентах  $H_2Г + O_2Г$  предполагает решение проблем электролизерной группы (отработку электролизеров с твердополимерным электролитом и получение компремированных газов), а также разработку высокоэффективных ЖРДМТ на газообразных кислороде и водороде.

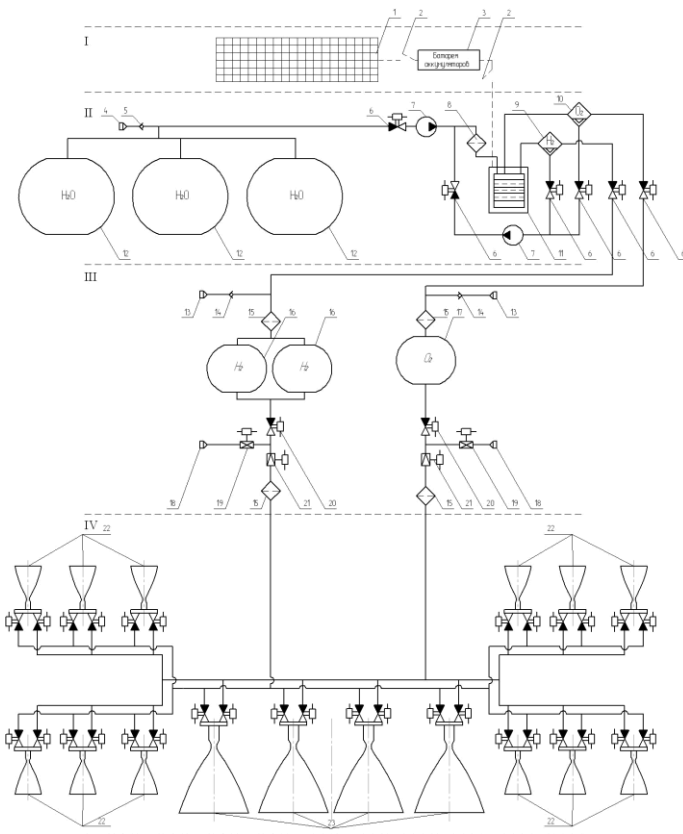
В работе рассматривается принципиальная пневмогидравлическая схема бортовой кислородно-водородной двигательной установки на базе электролиза воды для маломассогабаритного космического аппарата дистанционного зондирования Земли со следующими основными параметрами: суммарный импульс тяги  $I_{\Sigma} \sim 7,25 \cdot 10^5$  Нс; энерговооруженность аппарата  $W \sim 0,8$  кВт; масса аппарата –  $M \sim 1500$  кг; число двигателей  $N \sim 16$  (см. рисунок 1).

Отличие двигательных установок базовой (на компонентах топлива АТ + НДМГ) и кислородно-водородной заключается в следующем: за счет применения ЖРДМТ на более высокоэнергетичном топливе масса компонентов (воды) при реализации заданного суммарного импульса существенно меньше; отсутствует необходимость в системе наддува, поскольку используются компремированные газы; дополнительно в составе установки применяется электролизерная группа.

Принципиальным является то обстоятельство, что вопросы энергообеспечения, в первую очередь электролизера, решаются в рамках ресурсов СЭП КА, без увеличения мощности и массы солнечных и аккумуляторных батарей, учитывая циклограмму энергопотребления, суммарное время работы электролизера и возможность циклического заполнения баков  $H_2Г$  и  $O_2Г$  до требуемого давления.

Расчет массовых параметров кислородно-водородной ДУ на основе электролиза воды и ЖРДМТ на компонентах  $H_2Г + O_2Г$  доведен до трех интегральных величин: суммарной массы топлива, массы конструкции ДУ, массы заправленной ДУ, которые в достаточной степени характеризуют совершенство разработки и могут быть использованы в качестве критериев оценки и выбора вариантов.

Отметим, что при одинаковых или близких результатах необходимо привлекать дополнительные критерии. Важными факторами являются также состояние разработок, опыт, экономическая составляющая и некоторые другие.



I – элементы СЭП КА; II – электролизерная группа; III – система хранения и подачи компонентов топлива; IV – корректирующие и управляющие ЖРДМТ

1 – панели солнечных батарей; 2 – транзисторные ключи; 3 – аккумуляторная батарея; 4 – заправочные приспособления для воды; 5 – обратный клапан; 6 – электрогидроклапаны; 7 – электронасосы; 8 – фильтр; 9, 10 – разделители (сепараторы); 11 – электролизер с твердополимерным электролитом; 12 – водяной бак; 13 – заправочные приспособления; 14 – обратные клапаны; 15 – фильтры; 16 – водородные емкости (баки); 17 – кислородная емкость (бак); 18 – дренажные приспособления; 19 – дренажные электропневмоклапаны; 20 – электрогидроклапаны; 21 – электропневмоклапаны; 22 – ЖРДМТ управления (12 шт. по 6 в блоке); 23 – ЖРДМТ корректирующие (4 шт. в блоке)

Рисунок 1. Принципиальная ПГС кислородно-водородной ДУ

Поэлементный расчет массы кислородно-водородной ДУ приводит к следующим результатам: суммарная масса топлива (воды) ~ 176 кг, масса конструкции ДУ ~ 154 кг, масса заправленной ДУ ~ 330 кг.

Это примерно на  $\Delta m \sim 65$  кг легче, чем масса базовой ДУ на компонентах НДМГ + АТ, рассчитанная на реализацию заданного суммарного импульса.

В работе создана пространственная электронная модель кислородно-водородной двигательной установки, выполненная в среде программного комплекса «Unigraphics», которая позволяет визуально представить компоновку ДУ МКА и, что более важно, рассмотреть различные варианты её исполнения, а также на базе компоновочной информации и данных инженерной проработки осуществить выбор наиболее рационального проектного облика двигательной установки.

В результате проектно-расчетных работ по оценке энергомассовых параметров кислородно-водородной ДУ на базе электролиза воды и ЖРДМТ на компонентах  $H_{2T} + O_{2T}$  для системы управления МКА показана возможность создания конкурентоспособной двигательной установки, имеющей перспективу широкого использования в космических аппаратах различного целевого назначения нового поколения.