

УДК 629.78

Разработка и производство компонентов перспективных двигательных установок для малых космических аппаратов

Гоца Дмитрий Александрович

Кошлаков Владимир Владимирович

Ловцов Александр Сергеевич

Маслов Даниил Вячеславович

daniluc.besson@gmail.com

Пименова Дарья Дмитриевна

АО ГНЦ «Центр Келдыша», Москва, Россия

Аннотация. В работе рассматриваются современные тенденции развития двигательных установок для малых космических аппаратов формата CubeSat, обусловленные ростом их числа и ограничениями по массе, габаритам и энергетике. Отмечается необходимость применения малогабаритных двигательных установок для продления срока активного существования аппаратов на орбите. Проведен анализ существующих решений на базе электротермокаталитических двигателей, использующих гидразин, и выявлены их основные недостатки, включая высокую токсичность и конструктивные ограничения. Представлены разработки АО ГНЦ «Центр Келдыша» в области создания перспективных ЭТКД с использованием экологически безопасных («зеленых») топлив, а также универсального сверхмалого электромагнитного клапана. Показано, что применение экологически безопасных топлив и новых технологических решений позволяет повысить эффективность и безопасность эксплуатации двигательных установок для малых космических аппаратов.

Ключевые слова: малые космические аппараты (МКА), CubeSat, электротермокаталитический двигатель (ЭТКД), зеленое топливо, гидразин, двигательная установка

Современная космическая отрасль характеризуется интенсивным ростом числа малых космических аппаратов (МКА), в том числе за счет запусков микроспутников формата CubeSat [1]. Такие аппараты, как правило, ориентированы на решение узкоспециализированных задач и имеют жесткие ограничения по массе, габаритам и энергетическим ресурсам. Срок активного существования МКА во многом определяется орбитой выведения, поскольку большинство аппаратов не оснащены системами коррекции. В этой связи актуальной задачей является разработка малогабаритных двигательных установок, обеспечивающих ориентацию и коррекцию орбиты МКА при минимальном энергопотреблении [2].

Целью работы является разработка и исследование перспективных электротермокаталитических двигателей (ЭТКД) малой тяги на основе экологически безопасных («зеленых») топлив [3], а также снижение массогабаритных характеристик и стоимости двигательных установок для МКА [4].

В качестве объектов исследования рассматриваются электротермокаталитические двигатели тягой 0,5 Н, разрабатываемые в АО ГНЦ «Центр Келды-

ша» (Центр Келдыша), включая двигатели на гидразине (ДГК-0,5, ДГК-0,5А) и двигатель на «зеленом топливе» (ДЗТ-0,5). В работе используются методы экспериментальной отработки элементов конструкции, включая огневые испытания, а также исследования каталитических материалов, обеспечивающих устойчивую работу при высоких температурах.

Показано, что применение гидразина [5] в двигательных установках для CubeSat затруднено вследствие высокой токсичности топлива и конструктивных ограничений существующих систем. В Центре Келдыша разработан универсальный сверхмалый электромагнитный клапан СЭМ 622У.006.00.000 массой не более 13 г, обеспечивающий работу при входном давлении до 4,0 МПа и пригодный для ЭТКД с тягой до 1,0 Н. Разработаны и проходят технологическую отработку двигатели ДГК-0,5, ДГК-0,5А и ДЗТ-0,5, оснащенные собственной системой термостатирования. Особое внимание уделено созданию гранулированных катализаторов, обеспечивающих высокую прочность и стабильность при температурах свыше 1600 °С [6].

На базе двигателя ДЗТ-0,5 разрабатывается малогабаритная двигательная установка форм-фактора 2U для космического аппарата ReshUCube4, создаваемого совместно с СибГУ им. М.Ф. Решетнева. Двигательная установка включает изделия собственной разработки и производства: четыре двигателя, топливный бак, заправочные горловины, электромагнитные клапаны, а также покупные средства измерения. Габариты установки составляют 235×187×92 мм при массе не более 2,0 кг, обеспечиваемый суммарный импульс тяги – 1,2 кН·с.

Таким образом, применение экологически безопасных топлив и внедрение новых конструктивно-технологических решений позволяет повысить эффективность, безопасность и ресурс двигательных установок для малых космических аппаратов, что обеспечивает перспективы их широкого использования в составе спутников формата CubeSat.

Список источников

- [1] Kulu E. CubeSats & Nanosatellites – 2024 Statistics, Forecast and Reliability. *72th International Astronautical Congress*, Milan, Italy, IAC-24.B4.6A.13, 2024.
- [2] Bomani B.M.M. *CubeSat Technology Past and Present: Current State-of-the-Art Survey*. Cleveland, USA, 2021.
- [3] Pokrupa N., Anflo K., Svensson O. Spacecraft System Level Design with Regards to Incorporation of a New Green Propulsion System. *47th AIAA/ASME/ASEE Joint Propulsion Conference & Exhibit*, San Diego, California, AIAA 2011-6129, 2011.
- [4] Stock G., Fraire J.A. et al. *On the Automation, Optimization, and In-Orbit Validation of Intelligent Satellite Constellation Operations*. URL: <http://arxiv.org/pdf/2210.11171> (accessed August 4, 2025).
- [5] Каплин М.А. и др. Ракетные двигатели АО «ОКБ Факел» для космических аппаратов опыт летного применения и новые разработки. *Космическая техника и технологии*, 2023, № 4, с. 36–55.
- [6] Persson M., Anflo K. et al. A Family of Thrusters for AND-Based Monopropellant LMP-103S. *48th AIAA/ASME/ASEE Joint Propulsion Conference & Exhibit*, Atlanta, Georgia, AIAA 2012-3815, 2012.