

УДК 62-311

Электроклапан для реактивной системы управления малой студенческой ракеты М-2 «Нормаль», изготовленный с использованием технологии фотополимерной 3D-печати

Кочетов Артём Иванович^(*)

bornofthewyvern@yandex.ru

Щедрин Владимир Владимирович

vladimirpuff2017@yandex.ru

Нафиков Марат Ирекович

circusceo@yandex.ru

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия

Аннотация. Разработан и изготовлен электроклапан высокого давления для системы управления ракеты-носителя М-2 «Нормаль», обеспечивающий точную подачу газа в рулевые сопла. Проведены испытания фотополимерных деталей на прочность и герметичность, изготовлены и протестированы опытные образцы.

Ключевые слова: электроклапан, фотополимер, РСУ, студенческая ракета-носитель

Введение. Студенческое объединение RoTech при МГТУ им. Баумана разрабатывает серию сверхмалых ракет-носителей «Мечта» для освоения практических навыков и изучения перспективных технологий ракетной отрасли. С 2020 года создано и запущено 6 ракет без активных систем стабилизации и управления [1, 2]. Сейчас разрабатывается ракета М-2 «Нормаль» с реактивной системой управления на двигателях с холодным газом.

Материалы и методы; результаты. Электроклапан для системы управления должен обеспечивать требуемый расход газа при заданном давлении, герметичность, высокое быстродействие, надежность, технологичность, минимальную массу и стоимость. Для системы РН «Нормаль» рабочим телом выбран CO_2 из-за его нетоксичности, доступности и возможности хранения в жидком состоянии в широком диапазоне температур и давлений ($-56,6^\circ\text{C}$, 5,1 атм – 31°C , 72,8 атм), что позволяет отказаться от массивного бака. Номинальные параметры – 20°C и 57,24 атм [3].

Для электроклапана использованы: катушка с проводом ПЭТВ-2 0,19 мм, напряжение 12 В, ток 5 А/мм²; сердечник из Ст10 (диаметр 2 мм); основание катушки изготовлено фотополимерной 3D-печатью, намотка на ЧПУ станке. Шток — неодимовый магнит (диаметр 2 мм, длина 3 мм), обеспечивающий усиленное открытие и закрытие клапана при изменении полярности катушки.

Корпус электроклапана был успешно протестирован на прочность и герметичность и изготовлен методом фотополимерной 3D-печати, несмотря на особенности технологии: усадка, увеличение размеров из-за рассеивания света, неравномерное отверждение, шероховатость. Эти факторы учитываются при проектировании.

Заключение. В результате проведенной работы разработаны и изготовлены опытные образцы электроклапанов высокого давления, а также проведен анализ возможности применения фотополимерной 3D-печати подобных элементов в ракетно-космической области.

Список источников

- [1] Щедрин В.В., Федин М.Г., Зацепин М.Г. и др. Особенности разработки и испытаний серии ракет «Мечта-ТТ». *XLVII Академические чтения по космонавтике, посвященные памяти академика С.П. Королёва и других выдающихся отечественных ученых — пионеров освоения космического пространства: сб. тез.* Москва, Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2023, т. 3, с. 97–98.
- [2] Аксенова С.А., Кострик М.А., Зацепин М.Г. Повышение стабилизации и увеличение запаса статической устойчивости метеорологической ракеты за счет изменения ее компоновки. *Молодежь. Техника. Космос: труды шестнадцатой общероссийской молодежной науч.-техн. конф.: сб. тр.* Санкт-Петербург, БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова, 2024, т. 1, с. 5–9.
- [3] Алтунин В.В. *Теплофизические свойства двуокиси углерода.* Москва, Изд-во стандартов, 1975, 546 с.