

УДК 62-851.1

Разработка макета газореактивной системы космического аппарата - инспектора

Зеленов Михаил Сергеевич^(*)dsf@bmstu.ru
SPIN-код: 3099-9452

Андрианов Дмитрий Сергеевич

safecenter480@gmail.com

Усс Александр Юрьевич

uss@bmstu.ru
SPIN-код: 1191-6254

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия

Аннотация. Рассмотрена задача применения космического аппарата-инспектора для обследования Российской орбитальной станции. Для разработки и отладки алгоритмов управления его движением требуется проведение серии наземных экспериментов. Они связаны с функционированием газореактивных двигателей и соответствующим движением аппарата. Описана конструкция разработанного макета, включающая пневматическую подсистему (пневмоаккумулятор, регулятор давления, клапаны) и систему управления на базе микроконтроллера ESP32 с беспроводной связью. Приведено описание основных экспериментов, которые будут проведены с использованием макета: исследование отклика на управляющие импульсы, определение расхода рабочего тела на маневры и изучение влияния конфигурации макета на управляемость. Эти данные необходимы для верификации математических моделей и отладки системы ориентации перспективного аппарата.

Ключевые слова: космический аппарат, аппарат-инспектор, газореактивный двигатель, пневмосистемы, сжатый воздух

Введение. Проект Российской орбитальной станции (РОС) предполагает использование группировки космических аппаратов-инспекторов [1]. Они служат для обнаружения мелких повреждений на внешней поверхности станции. Инспекторы перемещаются к обследуемому месту с помощью газореактивной двигательной системы. Особую роль играют механизмы ориентации и стабилизации, обеспечивающие позиционирование относительно объекта съемки. В противном случае не удастся получить качественное изображение. Поэтому для разработки системы ориентации и стабилизации необходима отладка алгоритмов. Она производится на базе экспериментальных данных, полученных при наземных испытаниях макета газореактивной системы.

Методы и материалы; результаты. Отладка алгоритмов ориентации и стабилизации требует анализа отклика объекта управления на поступающие сигналы. Для проведения испытаний был разработан макет газореактивной системы, функционально подобный используемому в разрабатываемом космическом аппарате-инспекторе [2]. Макет подвешен в верхней точке и может свободно вращаться вокруг своей оси. Пневматическая подсистема макета включает пневмоаккумулятор, систему заправки, регулятор давления и четы-

ре газореактивных двигателя с отсечными электромагнитными клапанами. Для проведения экспериментов разработана подсистема управления на базе беспроводной связи по технологии Wi-Fi. Она обеспечивает включение и отключение двигателей в требуемые моменты времени, а также измерение текущего давления в пневмоаккумуляторе. В основе системы управления лежит платформа ESP32 [3]. Для получения информации о положении в пространстве и движении используется распространенный модуль MPU6050.

Макет изготовлен с применением технологий лазерной резки и FDM-печати. Проведены испытания, показавшие работоспособность изготовленных подсистем. Макет обеспечивает поворот макета вокруг вертикальной оси в обоих направлениях. Конструкция макета позволяет корректировать взаимное расположение газореактивных двигателей для улучшения управляемости

Заключение. Разработанный макет позволит провести серию запланированных экспериментов. Получение экспериментальных данных о зависимости углового ускорения и замедления макета от импульсов сжатого воздуха в двигатели является основой для верификации и настройки математической модели объекта управления. Определение расхода рабочего тела на выполнение типовых маневров необходимо для проектирования бортовой системы хранения воздуха с требуемыми массогабаритными показателями. Экспериментальная проверка влияния изменения взаимного расположения двигателей на управляемость откроет возможности не только для управления ориентацией (поворотом), но и для реализации линейных перемещений аппарата-инспектора относительно станции.

Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации по государственному заданию (проект № FSN-2025-0016).

Список источников

- [1] Верзилин С.С., Макаренков Д.А. Проектный облик инспектора для орбитальной станции. *Всерос. студенческая конф., посв. 110-летию со дня рождения академика В.Н. Челомея: сб. тез. докл.* Москва, 2024, с. 5–7.
- [2] Беляев Н.М., Умаров Е.И. *Расчет и проектирование реактивных систем управления космических летательных аппаратов.* Москва, Машиностроение, 1974, 200 с.
- [3] Datasheet ESP32-WROOM. URL: [URL:https://wiki.amperka.ru/_media/products:esp32-wroom-wifi-devkit-v1:esp32-wroom_adatasheet.pdf](https://wiki.amperka.ru/_media/products:esp32-wroom-wifi-devkit-v1:esp32-wroom_adatasheet.pdf) (дата обращения 23.09.2025).