

УДК 629.7.05

Использование неортогональных компоновок реактивных двигателей ориентации малого космического аппарата

Фомичев Алексей Викторович^(*)

a.v.fomichev@bmstu.ru

Лобусов Евгений Сергеевич

evgeny.lobusov@yandex.ru

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия

Аннотация. Представлены результаты исследования системы автоматического управления (САУ) малого космического аппарата (МКА) с использованием неортогональной компоновки реактивных двигателей. Данные двигатели работают либо в режиме «включено — выключено», либо в варианте непрерывного регулирования их тяги. Разработаны структурные схемы некоторых режимов управления, математические модели элементов САУ МКА и законы управления. Представлены результаты моделирования предлагаемых неортогональных схем компоновки системы исполнительных органов с использованием разработанных алгоритмов.

Ключевые слова: малый космический аппарат, режимы ориентации, неортогональная компоновка двигателей, задача линейного программирования

Введение. В настоящее время одной из основных тенденций в освоении околоземного космического пространства является широкое применение малых космических аппаратов, поскольку увеличивается использование данных, получаемых с их помощью, для решения разнообразных прикладных задач. При проектировании МКА особое внимание уделяется проблемам обеспечения минимальных экономических и аппаратных затрат при сохранении объема целевых задач. В работе исследуются режимы ориентации МКА [1, 2] с системой исполнительных органов с неортогональной компоновкой реактивных двигателей [3].

Материалы и методы; результаты. Неортогональная компоновка реактивных двигателей содержит их минимальное количество, что позволяет обеспечить существенную экономию веса. Данные двигатели работают либо в режиме «включено — выключено», либо с непрерывным регулированием их тяги. Разработана модель в векторно-матричной форме минимальной компоновочной схемы для создания управляющего момента.

Предполагая, что начальные угловые скорости малы (менее 6 град/с), знание конечной скорости равной нулю, инерционных характеристик МКА и одинаковых двигателей без регулирования тяги удастся выбрать конкретную совокупность трех двигателей ориентации из четырех и рассчитать длительности включения каждого из них. В данной постановке задача сводится к решению задачи линейного программирования в простейшем варианте [4].

Эксперимент 1. Двигатели ориентации функционируют в режиме «включено-выключено». Суммарный расход — 38,91 с (рис. 1).

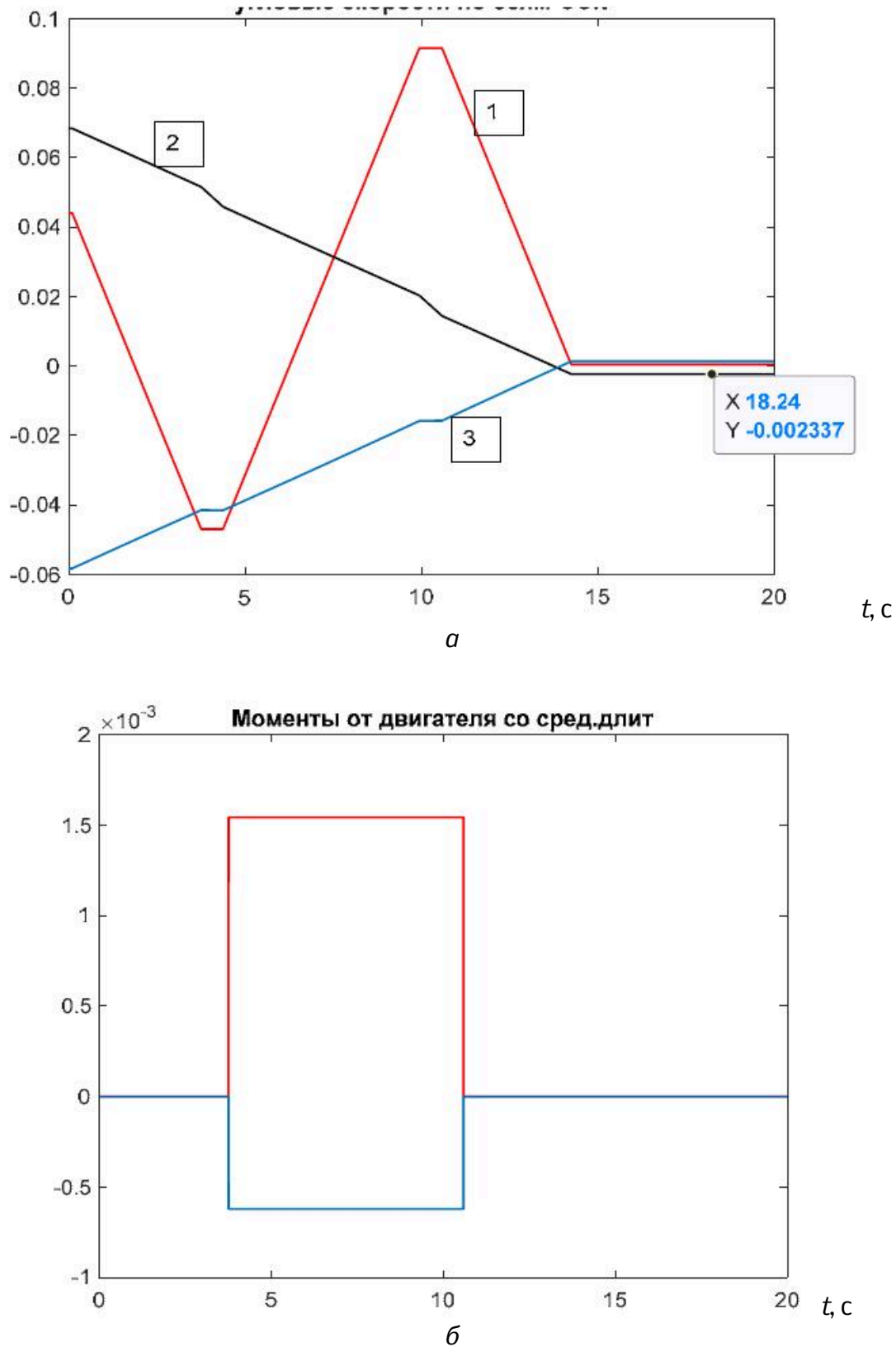


Рис. 1. a — угловые скорости по осям ССК, с^{-1} ; b — моменты по осям ССК, Нм

Эксперимент 2. Двигатели имеют линейную зависимость тяги в зависимости от управляющего воздействия. Суммарный расход — 50,86 с (рис. 2).

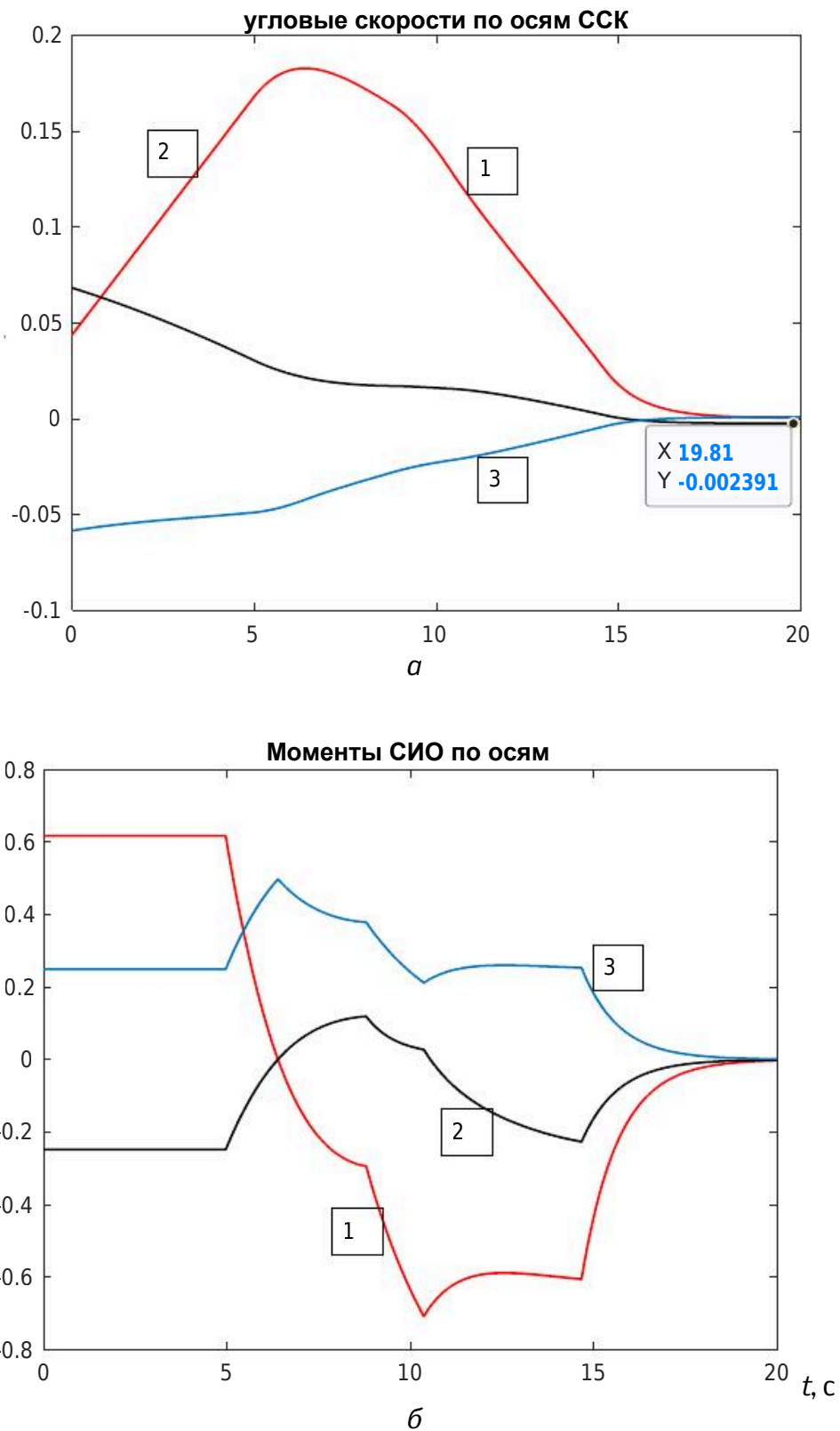


Рис. 2. *а* — угловые скорости по осям ССК, с^{-1} ; *б* — моменты по осям ССК, Нм

Закключение. Выбор релейного или линейного варианта при реализации демпфирования угловой скорости зависит от характеристик используемых двигателей. В обоих вариантах установившееся значение по угловой скоро-

сти определяется собственными погрешностями измерителя угловой скорости. Сравнение результатов показало, что релейный вариант более эффективен с точки зрения времени переходного процесса и расхода. В линейном варианте возникают переключения комбинаций двигателей.

Список источников

- [1] Лобусов Е.С., Фомичев А.В. Формирование алгоритмов БИНС и основных режимов функционирования СУ МКА. Ч. 1. *Мехатроника, автоматизация, управление*, 2014, № 12, с. 60–66.
- [2] Лобусов Е.С., Фомичев А.В. Формирование алгоритмов БИНС и основных режимов функционирования СУ МКА. Ч. 2. *Мехатроника, автоматизация, управление*, 2015, № 1, с. 54–60.
- [3] Фомичев А.В., Лобусов Е.С. Исследование режимов функционирования СУД межорбитального МРБ с использованием неортогональных схем компоновки реактивных двигателей. *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. 153–155.
- [4] Фомичев А.В., Лобусов Е.С. Моделирование основных режимов функционирования МКА. *XLVIII 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, 2024, т. 2, с. 474–477.