

РОЗРОБКА СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ БІФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ  
ВЕКТОРОМ ТЯГИ РАКЕТНОГО ДВИГУНА

Інститут технічної механіки

Національної академії наук України і Державного космічного агентства України,  
вул. Лешко-Попеля, 15, 49005, Дніпро, Україна; e-mail: tokel@ukr.net

Удосконалення ракетно-космічної техніки багато в чому визначається подальшим підвищенням ефективності ракетних двигунів (РД). Особливо важливе розширення функціональних можливостей РД при вирішенні завдань управління польотом ступеня ракети. Основною перевагою управління вектором тяги поворотом двигуна на кардановому шарнірі є можливість створення достатньо великих за величиною керуючих зусиль з мінімальними втратами імпульсу двигуна на управління. Перевагою газодинамічної системи управління є її високі динамічні якості. Нова концепція системи управління полягає в поєднанні різних систем управління (механічної і газодинамічної) в рамках однієї біфункціональної системи управління вектором тяги (БСУВТ). БСУВТ, будучи складовою частиною системи управління польотом ступеня ракети, повинна забезпечувати керуючі зусилля, необхідні для реалізації програми польоту і парирования збурень, що діють на ступінь, з оптимальним розподілом функцій складових систем: механічної (МСУВТ) та газодинамічної (ГСУВТ). При цьому необхідно забезпечити мінімальні втрати енергії на управління і необхідну якість управління.

Мета роботи – аналіз переваг можливих схем БСУВТ і методики роздільного аналізу сигналів, що надходять в систему управління вектором тяги (СУВТ), яка складає основу структурної схеми БСУВТ.

Показано, що для космічного ступеня ракети БСУВТ дозволяє з мінімальними енерговитратами на управління вирішити комплексну задачу парирования детермінованих збурень (які виникають, наприклад, при відділенні частини корисного навантаження) і стабілізації руху в умовах дії випадкових збурень з широким спектром частот. Запропоновано новий підхід до аналізу сигналів, що надходять, і розроблено алгоритм формування сигналів, що управляють. Виділена із загального сигналу (що поступає в СУВТ) статична складова паріується механічною системою управління вектором тяги (МСУВТ), яка в основному вирішує завдання ведення космічного ступеня по заданій траєкторії. Динамічна складова сигналу, що відображає випадкові збурення, паріується газодинамічною системою управління вектором тяги (ГСУВТ) і вирішує, переважно, завдання стабілізації ступеня. Методику верифіковано на прикладі телеметричної інформації за кутом відхилення в площині тангажу першої камери згорання рідинного ракетного двигуна 11Д520.

**Ключові слова:** ракетний двигун, система управління вектором тяги, механічна система, газодинамічна система, біфункціональна система.

- 1 Kovalenko N. D., Sheptun U. D., Kovalenko T. A., Strelnikov G. A The new concept of thrust vector control for rocket engine. Системні технології. 2016. № 6 (107). С. 120–127.
- 2 Коваленко Т. А., Коваленко Н. Д., Сироткина Н. П. Бифункциональная система управления вектором тяги космической ступени ракеты-носителя. Техническая механика. 2015. № 1. С. 42–54.
- 3 Шептун Ю. Д. Сравнение органов управления космической ступени носителя. Вестник ДНУ. Ракетно-космическая техника. 2011. № 14/1. С. 64–71.
- 4 Коваленко Т. А., Коваленко Г. Н., Сироткина Н. П. Управление вектором тяги ЖРД космической ступени ракеты-носителя при возникновении массовой асимметрии. Техническая механика. 2016. № 1. С. 51–59.
- 5 Шептун Ю. Д., Коваленко Н. Д., Шептун Ю. Д., Коваленко Т. А. Управление ступенью ракеты с массовой асимметрией. Материалы международной научной конференции «Космические технологии: настоящее и будущее» 19 – 21 мая 2015 г., Днепропетровск: сб. докладов и тезисов. –Днепропетровск, 2015. С. 57–60.
- 6 Коваленко Т. А. Шептун Ю. Д. Космические ступени как объект управления. Сб. докл. науч. конф. «Информационные технологии в управлении сложными системами». Днепропетровск: Изд-во «Свидтер Л. А.», 2011. С. 210–213.
- 7 Коваленко Н. Д., Макаров О. А., Аксюта А. Н., Беликов А. Н., Игнатьев А. Д., Коваленко Г. Н., Темченко Р. Н., Токарева Е. Л. Определение боковых сил в сопле ЖРД при впрыске в сверхзвуковую часть компонента топлива после выключения двигателя с использованием телеметрической информации летных испытаний. Космическая техника. Ракетное вооружение. 2009. № 1. С. 146–159.
- 8 Колесников К. С. Динамика ракет. М.: Машиностроение. 1980. 376 с.
- 9 Липцер Р. Ш., Ширяев А. Н. Статистика случайных процессов (нелинейная фильтрация и смежные вопросы). М., 1974. 696 с.
- 10 Андерсон Т. Статистический анализ временных рядов: пер. с англ. М.: Мир, 1976. 755 с.

Отримано 17.11.2018,

в остаточному варіанті 17.12.2018.