

Ю. В. КНИШЕНКО¹, В. М. ДУРАЧЕНКО²**МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ РОБОТИ СИСТЕМИ РІЗНОМАСШТАБНИХ
ДВОКОМПОНЕНТНИХ РЕАКТИВНИХ ДВИГУНІВ МАЛОЇ ТЯГИ**¹Інститут технічної механікиНаціональної академії наук України і Державного космічного агентства України,
вул. Лешко-Попеля, 15, 49005, Дніпро, Україна; e-mail: knyshenko@ukr.net²Державне підприємство «Конструкторське бюро «Південне» ім. М. К. Янгеля»,
вул. Криворізька, 3, 49008, Дніпро, Україна; e-mail: vmd010255@gmail.com

Мета роботи – модифікація комплексної математичної моделі системи двокомпонентних реактивних двигунів малої тяги на базі використання числового методу характеристик в системі паливних трубопроводів з урахуванням різних швидкостей звуку для окислювача та пального при єдиному способі дискретизації паливних магістралей. Представлено уніфікований підхід при числовій реалізації методу характеристик для обох компонентів палива для регулярних розрахункових перерізів (внутрішніх для конструктивних ділянок зі сталими геометричними і пружними параметрами) та граничних перерізів на входах до системи трубопроводів, стиках ділянок і входах до двигунів по кожному з компонентів палива. При цьому враховуються гідравлічні опори паливних форсунок, електрокерованих паливних клапанів та поточні тиски в камерах згоряння двигунів. Роботу математичної моделі проілюстровано на прикладі попереднього проєктування системи різномасштабних двигунів малої тяги, призначеної для забезпечення керування рухом космічного апарата навколо центра мас за тангажем, ристанням та креном, а також для реалізації переходу космічного апарата на нову орбіту (більш високу або більш низьку), для маневрування та стикування з іншим космічним апаратом. Отримані розрахункові результати демонструють можливість визначення основних гідравлічних та газодинамічних параметрів системи на неусталених режимах роботи: розподіл тисків та витрат компонентів палива на входах до кожного з двигунів, тиски в камерах згоряння та тягові характеристики кожного з них, взаємний вплив двигунів на їх тягові характеристики на прикладі варіювання прохідних перерізів паливних колекторів у сталих (безперервних) та неусталених імпульсних режимах роботи всіх або частини двигунів. Запропоновану математичну модель може бути використано для розрахункового обґрунтування конструктивних та режимних параметрів при розробці технічної пропозиції або при проведенні попереднього проєктування для визначення загального вигляду системи двигунів. Детальна інформація про робочі гідравлічні та газодинамічні параметри системи двигунів є важливим доповненням до результатів наземного відпрацювання як одиночних двигунів, так і їх системи в умовах, що моделюють льотні експлуатаційні режими.

Ключові слова: система реактивних двигунів малої тяги, комплексна математична модель, числовий метод характеристик, результати розрахунку, тяга, витрати палива.

1. Кокорин В. В., Рutowский Н. Б., Соловьев Е. В. Комплексная оптимизация двигательных установок систем управления. М. Машиностроение, 1983. 184 с.
2. Тимошенко В. И., Кнышенко Ю. В., Кошкин М. И. Расчетно-экспериментальное обеспечение разработки реактивных двигательных установок малой тяги. Техническая механика. 2005. № 2. С. 50–64.
3. Тимошенко В. И., Кнышенко Ю. В., Дураченко В. М., Анищенко В. М. Вопросы отработки управляющей жидкостной реактивной системы с питанием из магистралей маршевого двигателя последней ступени ракеты-носителя. Космична наука і технологія. 2016. Т. 22, № 1. С. 20–35. <https://doi.org/10.15407/knit2016.01.020>
4. Тимошенко В. И., Кнышенко Ю. В. Влияние газонасыщенности жидкости на особенности неустановившихся течений в сложных трубопроводах. Инженерно-физический журнал. 2018. Т. 91, № 6. С. 1506–1516. <https://doi.org/10.1007/s10891-018-1878-9>
5. Белов Г. В., Трусов Б. Г. Термодинамическое моделирование химически реагирующих систем. М.: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2013. 96 с.
6. ПК АСТРА 4 / рс, версия 1:07С. Моделирование химических и фазовых равновесий при высоких температурах: описание применения. МГТУ им. Баумана. Москва: МГТУ им. Баумана, 1991. 38 с.
7. Егорьев В. С., Кондрусев В. С. Топлива химических ракетных двигателей. Самара: Изд-во Самар. гос. Аэрокосм. ун-та, 2007. 72 с.
8. Беляев Н. М., Белик Н. П., Уваров Е. И. Реактивные системы управления космических летательных аппаратов. М.: Машиностроение, 1979. 232 с.
9. Полухин Д. А., Орещенко В. М., Морозов В. А. Отработка пневмогидросистем двигательных установок ракет-носителей и космических аппаратов с ЖРД. М.: Машиностроение, 1987. 247 с.
10. Идельчик И. Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям. М. Машиностроение, 1992. 672 с.

Отримано 03.07.2022,
в остаточному варіанті 15.08.2022