УДК 621.002.56

В. С. СЄНЬКІН, С. В. СЮТКІНА-ДОРОНИНА

СПІЛЬНЕ ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ ВИПАДКОВОГО ПОШУКУ З ГРАДІЄНТНИМИ МЕТОДАМИ ОПТИМІЗАЦІЇ ПРОЕКТНИХ ПАРАМЕТРІВ І ПРОГРАМ КЕРУВАННЯ РАКЕТНИМ ОБ'ЄКТОМ

Інститут технічної механіки
Національної академії наук України і Державного космічного агентства України,
вул. Лешко-Попеля, 15, 49005, Дніпро, Україна; e-mail: svetasut2012@gmail.com

Мета статті – розробка методичного забезпечення для оптимізації на початковому етапі проектування основних характеристик керованого об'єкта (КО) з маршовим ракетним двигуном на твердому паливі, що включає формалізацію комплексної задачі спільної оптимізації проектних параметрів, параметрів траєкторії і програм керування рухом КО, який може здійснювати політ по балістичній, аеробалістичній або комбінованій траєкторіях. Задачу сформульовано як задачу теорії оптимального керування з обмеженнями у вигляді рівностей і диференціальних зв'язків. До складу параметрів, які оптимізуються, включені проектні параметри КО, параметри, що визначають програми керування рухом КО на різних ділянках траєкторії. Запропоновано підхід до формування програм керування КО у вигляді поліномів, що дозволяє звести задачу теорії оптимального управління до задачі нелінійного математичного програмування. Проведено огляд методів оптимізації та виконано порівняльний аналіз методів випадкового пошуку з градієнтними методами. Показано доцільність застосування на першому етапі генетичного алгоритму випадкового пошуку, за допомогою якого проводиться швидке і повне дослідження всього простору пошуку оптимального розв'язку і знаходиться розв'язок, найбільш наближений до глобального оптимуму цільового функціоналу. Потім на наступному етапі пропонується використовувати градієнтний метод покоординатного спуску в околиці знайденого на першому етапі розв'язку для знаходження глобального оптимуму цільового функціоналу. Запропоновано підхід для розв'язання сформульованої задачі, що дозволяє з необхідною для проектних досліджень точністю визначати оптимальні в заданому класі функцій програми керування рухом і раціональні значення проектних параметрів КО. Наведені алгоритми, що використані для оптимізації проектних параметрів, параметрів траєкторії і програм керування КО, можуть використовуватися проектними організаціями на початковому етапі проектування об'єктів ракетно-космічної техніки різного призначення.

Ключові слова: *керований об'єкт, маршовий ракетний двигун на твердому паливі, початковий етап проектування, проектні параметри, програми керування рухом, цільовий функціонал, оптимізація, методи випадкового пошуку, градієнтні методи.*

1. *Тарасов Е. В.* Алгоритм оптимального проектирования летательного аппарата. М.: Машиностроение. 1970. 364 с.
2. *Разумев В. Ф., Ковалев Б. К.* Основы проектирования баллистических ракет на твердом топливе. М.: Машиностроение, 1976. 356 с.
3. Tewari Ashish. Advanced control of aircraft, spacecraft and rockets. Kanpur: John Wiley & Sons, 2011. 456 p.
4. *Сенькин В. С., Сарычев А. П.* Выбор проектных параметров и программ управления на начальном этапе проектирования ракет-носителей. Техническая механика. 2014. № 3. С. 33–47.
5. *Сенькин В. С.* Комплексная задача оптимизации проектных параметров и программ управления твердотопливной ракеты-носителя сверхлегкого класса. Техническая механика. 2012. № 2. С. 106–121.
6. *Кротов В. Ф., Гурман В. И.* Методы и задачи оптимального управления. М.: Наука, 1973. 446 с.
7. *Алпатов А. П., Сенькин В. С.* Комплексная задача оптимизации основных проектных параметров и программ управления движением ракет космического назначения. Техническая механика. 2011. № 4. С. 98–113.
8. *Пантелеев А. В., Летова Т. А.* Методы оптимизации в примерах и задачах: учебник для вузов. М.: Высш. шк., 2005. 544 с.
9. *Рассел Стюарт, Норвиг Питер* Искусственный интеллект: современный подход. Пер. с англ. М. : Издательский дом «Вильямс», 2007. 1408 с.

Отримано 24.05.2018,
в остаточному варіанті 15.06.2018