

Максимизация дальности полета под действием реактивной подъемной и разгоняющей сил

Научный руководитель – Черкасов Олег Юрьевич

Смышляева Анна Владимировна

Студент (специалист)

Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, Факультет
космических исследований, Москва, Россия

E-mail: Annasmshlyeva@list.ru

В работе рассматриваются задачи максимизации дальности полета летательного аппарата под действием реактивных подъемной и разгоняющей силы. Движение происходит в вертикальной плоскости в однородном поле силы тяжести при ограниченном количестве топлива, масса которого не влияет на динамику центр масс.

Первым этапом выполнен переход от управления углом атаки к управлению углом наклона траектории. Рассмотрены случаи фиксированной и свободной конечной высоты. Для обеих постановок проведено аналитическое исследование на основе принципа максимума Понтрягина и построен синтез оптимального управления.

Далее исследуется переход к учёту угла атаки при отсутствии тяги. Анализ проводится в два этапа: сначала рассматривается учет угла атаки в редуцированной задаче, затем делается переход к решению задачи с углом атаки в качестве управляющего параметра. На основе сравнительного анализа сделан вывод о сохранении качественных свойств оптимальных траекторий в редуцированной модели.

Также рассматривается задача со штрафом на расход топлива, где в функционал включён квадратичный интегральный член. Построены оптимальные траектории и проведено сравнение с траекториями, полученными при решении аналогичной задачи без учета штрафа.

В работе решён ряд задач оптимального управления, для каждой из которых получены условия оптимальности и построены соответствующие оптимальные режимы движения.

Источники и литература

- 1) Vondrukhov A.S., Golubev Yu.F. Brachistochrone with an Accelerating Force // JOURNAL OF COMPUTER AND SYSTEMS SCIENCES INTERNATIONAL. — 2014. — Vol. 53, no. 6. — P. 824–834.
- 2) Vondrukhov A.S., Golubev Yu.F. Optimal Trajectories in the Brachistochrone Problem with an Accelerating Force // JOURNAL OF COMPUTER AND SYSTEMS SCIENCES INTERNATIONAL. — 2015. — Vol. 54, no. 4. — P. 514–524.
- 3) Nahshon Indig Joseph Z. Ben-Asher, Sigal Erez. Singular Control for Two- Dimensional Goddard Problems Under Various Trajectory Bending Laws // JOURNAL OF GUIDANCE, CONTROL, AND DYNAMICS. — 2018. — P. 1–15.
- 4) P.K.A. Menon H.J. Kelley, Cliff E.M. Optimal Symmetric Flight with an Intermediate Vehicle Model // J. Guidance. — 1985. — Vol. 8, no. 3. — P. 312– 319.
- 5) Jeremić O., Šalinić S., A. Obradović Z. Mitrović. On the brachistochrone of a variable mass particle in general force fields // Mathematical and Computer Modelling. — 2011. — Vol. 54. — P. 2900–2912.

- 6) Cherkasov Oleg, Zarodnyuk Alena, Smirnova Nina. Optimal Thrust Programming Along the Brachistochronic Trajectory with Non-linear Drag // International Journal of Nonlinear Sciences and Numerical Simulation. — 2019. — Vol. 20, no. 1. — P. 1–6.
- 7) Ф.Л. Черноусько Н.В. Баничук. Вариационные задачи механики и управления. — М. : Издательство "Наука 1973. — С. 240.
- 8) Р.В. Болтянский В.Г. Понтрягин Л.С. Гамкрелидзе. Математическая теория оптимальных процессов. — М. : Государственное издательство физико-математической литературы, 1961. — С. 394.
- 9) Летов А.М. Динамика полета и управление. — М. : Наука, 1969. — С. 360.
- 10) Боронов В.И. Игонина Т.Р. О задаче полета летательного аппарата на максимальную дальность // Механика твердого тела. — 1982. — no. 2. — P. 20–24.
- 11) Kelley H. J., Cliff E. M., Lutze F. H. Boost-Glide Range-Optimal Guidance // Optimal Control Applications & Methods. — 1982. — Vol. 3. — P. 293–298.
- 12) Optimal Glide for Maximum Range / D. L. Sheu, Y. M. Chen, Y. J. Chang, J. S. Chern // AIAA Paper 98-4462. — 1998.
- 13) An Approximate Optimal Maximum Range Guidance Scheme for Subsonic Unpowered Gliding Vehicles / Dao-Chi Zhang, Qun-Li Xia, Qiu-Qiu Wen, Guan qun Zhou // International Journal of Aerospace Engineering. — 2015. — Vol. 2015. — P. 8.
- 14) Крылов И. А., Черноусько Ф. Л. О методе последовательных приближений для решения задач оптимального управления. — Журнал вычислительной математики и математической физики, 1962. — Vol. 2.