

# РЕШЕНИЕ ТЕРМИНАЛЬНОЙ ЗАДАЧИ УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ ДВИГАТЕЛЕЙ С НЕРЕГУЛИРУЕМОЙ ТЯГОЙ

Рыжиков И. С.

Сибирский государственный аэрокосмический университет им. академика М. Ф. Решетнева,  
г. Красноярск, Россия

В данной работе рассматривается задача терминального управления динамическими системами, у которых исполнительный механизм представлен двигателем нерегулируемой тяги. Особенности функционирования исполнительного механизма задают особую структуру функции управления, что позволяет свести задачу управления к задаче вещественной глобальной оптимизации или задаче глобальной оптимизации на пространстве действительных и натуральных чисел. Для нахождения экстремума был предложен гибридный модифицированный алгоритм стохастического поиска, учитывающий особенности решаемой задачи.

Терминальная задача управления является частным случаем задачи оптимального управления и предполагает нахождение такого управляющего воздействия, которое бы переводило систему из заданного начального состояния в желаемое конечное состояние за конечное время работы системы. Аналогично, можно сказать, что терминальная задача является частным случаем краевой двухточечной задачи.

Как известно, существует множество как классических, так и новых методов решения двухточечной задачи или задачи оптимального управления. В работе показано, что множество из них подходит только для определенных систем или требуют гладкости функции управления. Но часто на практике необходимо найти программное управление в случае, когда динамическая система является нелинейной, а исполнительный механизм представлен двигателем нерегулируемой тяги, то есть работает в заранее определенных режимах. Такие задачи характерны для аэрокосмической сферы, где многие космические аппараты снабжены двигателями, мощность которых фиксирована.

Одним из возможных вариантов решения терминальной задачи является линеаризация системы с последующим нахождением оптимального управления, например, методом моментов. Но, этот подход применим для частных случаев, когда реакция линеаризованной системы сходна с реакцией системы нелинейной. Тем не менее, даже для линеаризованной системы нет универсального метода нахождения многоуровневого управления.

Ограничение, которое накладывается на функцию управления или, аналогично, множество значений, которое может принимать функция управления, делают применение общеизвестных методов невозможным. Управление в таких задачах представляется, как правило, в виде идеального реле или многоуровневого реле, когда двигатель может работать, например, в трех режимах: двигатель включен в первом режиме, во втором режиме или выключен.

Исходная задача терминального управления при различных ее постановках, как уже было сказано выше, была сведена к задаче оптимизации на многомерных пространствах действительных чисел или, для многоуровневого реле, на многомерных пространствах действительных и натуральных чисел. Для решения обозначенных задач был предложен и апробирован модифицированный метод эволюционных стратегий. Представленный подход может быть использован для решения терминальной задачи и в том случае, если модель не представима в аналитическом виде, но представима при численном моделировании.

В качестве алгоритмов решения сложных задач глобальной оптимизации хорошо зарекомендовали себя эволюционные методы. В качестве метода решения оптимизационной задачи был выбран эволюционный метод, работающий с действительными числами – метод эволюционных стратегий, который был расширен до работы с качественными переменными и адаптирован к особенностям решаемой задачи.

Для предложенного алгоритма были предложены настройки, которые были выявлены при тестировании на ряде задач.

В работе представлены приложения к поиску программного управления для перевода космического аппарата с одной орбиты на другую. Модель аппарата представлена системой нелинейных дифференциальных уравнений, задача перевода – терминальной задачей управления. Демонстрируются решения для нескольких различных постановок задачи.

Представленный метод решения задачи терминального управления позволяет автоматически найти программу управления через решение частично параметризованной задачи идентификации структуры и параметров функции управления.