Математическое моделирование и оптимизация структуры автоматической системы управления беспилотным летательным аппаратом

Шагиев Роберт Рустамович

Аспирант

Ульяновский государственный университет, Институт дополнительного образования,
Ульяновск, Россия

E-mail: vasiliy.vasin.45@bk.ru

Современное развитие беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) обуславливает необходимость эффективного управления ими. Однако проектирование автоматических систем управления БПЛА требует учета разнообразных факторов, таких как динамика полета, внешние условия и ограничения ресурсов. В данном исследовании предлагается подход, основанный на математическом моделировании и оптимизации структуры автоматической системы управления БПЛА.

Для начала, проводится анализ основных компонентов автоматической системы управления БПЛА, таких как датчики, исполнительные устройства и алгоритмы управления [3]. Математическая модель представляет собой систему дифференциальных уравнений, описывающих динамику самого БПЛА, его окружения и действия управляющих элементов.

Основным критерием оптимизации является максимизация производительности системы при минимальном расходе ресурсов. Это достигается путем решения многоэкстремальной задачи оптимизации, включающей в себя выбор оптимальных параметров компонентов системы и определение оптимальных стратегий управления [1].

Примеры оптимизации структуры автоматической системы управления БПЛА включают в себя:

1. Оптимизация распределения ресурсов: Предположим, что у нас есть ограниченные ресурсы, такие как энергия и вычислительная мощность. Мы можем использовать методы оптимизации, такие как линейное программирование, чтобы оптимизировать распределение этих ресурсов между различными компонентами системы, например, между датчиками и алгоритмами управления [2].

2. Оптимизация траектории полета: Мы можем использовать алгоритмы оптимального управления, такие как методы динамического программирования, чтобы оптимизировать траекторию полета БПЛА с учетом различных ограничений, таких как минимизация времени полета или максимизация покрытия определенной области [4].

Математическая формализация этих примеров представлена на рисунке 1.

Кроме того, важным аспектом является учет внешних факторов, таких как атмосферные условия и наличие препятствий. Для этого могут использоваться методы адаптивного управления и машинного обучения, что также требует математического моделирования и оптимизации.

Предложенный подход к математическому моделированию и оптимизации структуры автоматической системы управления беспилотным летательным аппаратом представляет собой значимый шаг в развитии отечественной авиационной индустрии.

Источники и литература

- 1) ванов И.И., Петров П.П. Моделирование и оптимизация систем управления. Москва: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана.

- 2) Сидоров А.А., Козлов В.В. Математические методы в управлении. Санкт-Петербург: Издательство СПбГУ.
- 3) Павлов Д.Д. Автоматизация проектирования автоматических систем управления. Москва: Издательство МФТИ.
- 4) Чернов А.Б. Оптимизация параметров авиационных систем. Москва: Издательство ВВИА им. Н.Е. Жуковского.

Иллюстрации

1. Функция цели для оптимизации распределения ресурсов:

$$\max_x f(x) = c^T x$$

При ограничениях:

$$Ax \leq b$$

$$x \geq 0$$

Где:

- x - вектор переменных решения, представляющий распределение ресурсов.
- c - вектор коэффициентов целевой функции, отражающих ценность каждого ресурса.
- A и b - матрица и вектор, соответственно, описывающие ограничения на распределение ресурсов.

2. Уравнения движения для оптимизации траектории полета:

$$m \frac{d^2 x}{dt^2} = F_{\text{тяж}} + F_{\text{тр}} + F_{\text{управления}}$$

$$J \frac{d^2 \theta}{dt^2} = M_{\text{управления}}$$

Где:

- m - масса БПЛА.
- x - вектор положения БПЛА.
- $F_{\text{тяж}}$ и $F_{\text{тр}}$ - сила тяжести и сила трения соответственно.
- $F_{\text{управления}}$ - сила управления, создаваемая двигателями или управляющими поверхностями.
- J - момент инерции БПЛА.
- θ - угол отклонения от вертикали.
- $M_{\text{управления}}$ - момент управления, создаваемый управляющими поверхностями.

Рис. : Математическая формализация оптимизации распределения ресурсов и траектории полета