

Математические модели систем управления беспилотных летательных аппаратов как сложных динамических систем

Абуфанас А.С., Бенкафо А.С., Лобатый А.А.

Белорусский национальный технический университет,
Белорусский государственный университет информатики
и радиоэлектроники

Уравнения систем управления беспилотных летательных аппаратов (СУ БЛА) представляют собой совокупность топологических уравнений системы и компонентных уравнений подсистем. Топологические уравнения, характеризующие взаимосвязи и взаимное влияние подсистем, составляются на основе теории множеств и теории графов. Компонентные, описывающие динамику стохастических процессов происходящих в системе, построены на основе использования теории динамических систем случайно изменяющейся структуры и представляют собой дифференциальные уравнения разрывного типа.

Так как СУ БЛА является составной частью системы наведения, то для анализа и синтеза системы управления дополнительно используется совокупность стохастических дифференциальных уравнений, представленных в форме Ланжевена, и включающих: кинематические уравнения траектории полёта БЛА; динамические уравнения БЛА с учётом действующих на него случайных сил и моментов; дополнительные соотношения, описывающие влияние внешних факторов (гравитационных, геомагнитных и т.п.).

На основе данных уравнений формируется имитационная модель исследования (уравнения опорной траектории) и линеаризованная система уравнений для аналитического синтеза СУ БЛА и составления уравнений для вероятностных моментов (математических ожиданий и корреляционных моментов), используемых для корреляционного анализа процесса наведения (управления) БЛА. Совместное решение данных систем уравнений позволяет решать задачи исследования устойчивости, точности определения эффективности применения БЛА в различных условиях.

Данный подход позволяет учесть как динамические, так и топологические свойства исследуемой системы управления при случайном скачкообразном характере внутренних и внешних воздействий на отдельные подсистемы и систему в целом. Сделанные при этом допущения с инженерной точки зрения отражают характер реальных физических процессов, протекающих в системах, позволяют исследовать различные свойства системы.