

ОСОБЕННОСТИ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ МУЛЬТИКОПТЕРОВ

Гу Пэнхао, Лобатый А.А.

Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь

Летательные аппараты (ЛА) относятся к сложным техническим устройствам, производство, эксплуатация и исследование которых требует создания математических моделей, позволяющих решать задачи анализа и синтеза их подсистем и элементов без проведения натурных испытаний, которые требуют привлечения значительных материальных средств, а иногда и риска для людей. Значение математического моделирования ЛА существенно возросло в связи с широким распространением беспилотных летательных аппаратов (БЛА), у которых на борту отсутствует человек-оператор (пилот), что дает возможность широкого применения достижений науки и техники в конструкции и системах управления БЛА.

Вопросы математического моделирования движения ЛА достаточно изучены и исследованы за десятилетия существования данных задач. В основе построения математических моделей полёта ЛА лежат законы кинематики и динамики движения твердого тела атмосфере. Однако, интенсивное развитие современных технологий позволяет конструкторам и инженерам создавать ЛА, которые соединяют в себе такие свойства ЛА, которые ранее считались принципиально противоречивыми и несовместимыми между собой. Это касается в первую очередь достижений в области создания двигателей для ЛА, построенных на новых физических принципах, а также – автоматических систем управления аэродинамическими силами, создаваемыми различными частями конструкции ЛА, комбинированием различных по природе сил и моментов, действующих на ЛА.

В отдельную перспективную интенсивно развивающуюся группу ЛА следует отнести ЛА (БЛА) мультироторного типа (мультикоптеры). Данный тип ЛА имеет несколько двигателей (как правило – винтовых), управление которыми позволяет изменять вектор \dot{P} по величине и направлению. Управление вектором \dot{R} здесь как правило не используется, а влияние вектора \dot{R} сказывается на движении ЛА только в виде силы аэродинамического сопротивления.

В основе построения математической модели полета мультикоптера как правило лежит математическая модель четырехдвигательного БЛА (квадрокоптера), как самой простой. Построение математических моделей с большим количеством двигателей (винтов) отличается проецированием сил и моментов, создаваемых двигателями БЛА на оси связанной с конструкцией БЛА (строительной) трёхосевой системы координат [1].

При составлении математической модели движения БЛА необходимо учитывать его аэродинамическую и конструктивную компоновку. В работе [1] рассматривается наиболее распространенная четырехвинтовая конструкция БЛА мультироторного типа (квадрокоптер), схема которого представлена на Рис. 1.

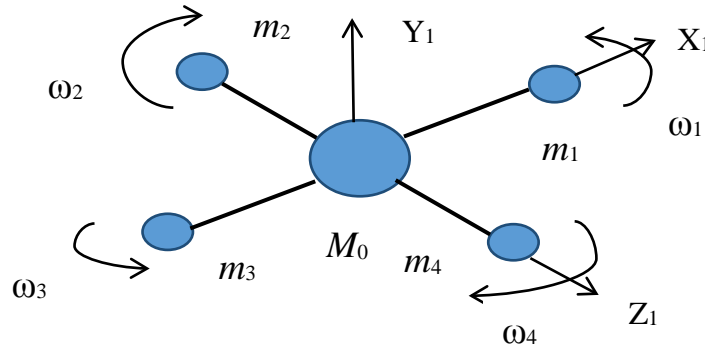


Рис. 1. Конструктивная схема квадрокоптера

Для перемещения БЛА по заданной (требуемой) траектории $\dot{S}_T(t)$ необходимо синтезировать закон управления БЛА в виде векторного ускорения центра масс БЛА $\dot{a}_T(t)$. Изменением величин скоростей вращения винтов БЛА достигается соответствующее значения вектора тяги $\dot{P}(t)$, формирующего фактическую траекторию движения БЛА $\dot{S}_\Phi(t)$. Обобщенная структурная схема процесса управления траекторией движения БЛА представлена на Рис. 2.

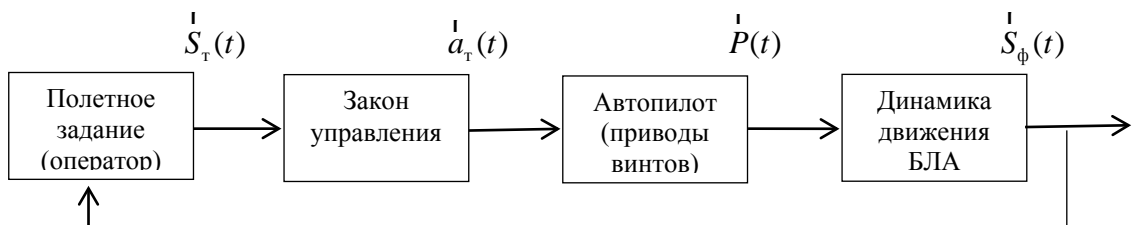


Рис. 2. Обобщенная структурная схема процесса управления Б

При рассмотрении математической модели пространственного движения БЛА обязательно следует учитывать направление осей применяемой системы координат (X, Y, Z) , так как в различных источниках оно может быть различным.

1. Гу Пэнхао. Математическое моделирование движения летательных аппаратов мультироторного типа / А.А. Лобатый, Гу Пэнхао // Системный анализ и прикладная информатика. – 2023. – № 1 – С. 10-15.