

заинтересованы в использовании преимуществ, предоставляемых подобными системами.

Литература

1. Ганьжа Д. Гиперконвергенция: ИТ-инфраструктура на раз, два, три.- Журнал сетевых решений/LAN. - №5. – 2016. Режим доступа: <https://www.osp.ru/lan/2016/05/13049349/> (дата обращения: 19.05.2020)
2. Гиперконвергентность. - Национальная электронная библиотека им. Н.Э. Баумана. - Режим доступа: <https://ru.bmstu.wiki/> (дата обращения: 19.05.2020)
3. Немного о конвергентной (и гиперконвергентной) ИТ-инфраструктуре. - Блог компании ИТ-ГРАД. Разработка под e-commerce. - Режим доступа: <https://habr.com/ru/company/it-grad/blog/281813/> (дата обращения: 19.05.2020)

УДК 629.7+531.383

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УПРАВЛЯЮЩЕГО УСКОРЕНИЯ БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА ПРИ ЗАДАННОЙ ТРАЕКТОРИИ ПОЛЕТА

А.Ю.Бумай, А.А.Лобатый

Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

Небольшие беспилотные авиационные системы (БАС) стали опорой в текущих военных и гражданских операциях, обеспечивая лиц, принимающих решения, жизненно важной разведкой и наблюдением. БАС, также называемый беспилотным летательным аппаратом (БЛА) или дроном, являются самолетом многоразового использования, в котором обычно используются бортовые датчики и средства обработки для оценки текущего кинематического состояния и автоматического управления его полетом. БАС бывают разных форм и размеров и использовались в различных военных и

гражданских целях, включая, поисково-спасательные операции, мониторинг земной поверхности и исследования атмосферы. Цель этого доклада представить решение задачи аналитического синтеза управляющего ускорения беспилотного летательного аппарата при полете его по сложной траектории, состоящей из последовательно расположенных участков горизонтального полета, находящихся на разной высоте относительно земной поверхности и изучить основы оценки состояния и управления полетом. Решение задачи рассматривается как аналитическое определение оптимального управления линейной нестационарной системой при заданном минимизируемом функционале качества. Математическая модель системы представляется в виде дифференциальных уравнений движения БЛА в вертикальной плоскости неподвижной системы координат, привязанной к земной поверхности. Особенностью предлагаемой методики решения задачи является обоснование оригинального вида минимизируемого функционала и параметров, входящих в полученный известными методами закон изменения управляющего ускорения. В качестве составляющих функционала качества рассматриваются значения координат и скорости БЛА, заданных в соответствующих точках пространства, через которые должен проходить путь БЛА, для получения оптимальной кривизны траектории. Полученные математические зависимости позволяют реализовать их на борту летательного аппарата и в конечном итоге решают задачу обеспечения минимальных затрат энергии при управлении объектом (БЛА). Проведенное компьютерное моделирование полученных аналитически результатов в виде траектории полета БЛА и процессов изменения ускорения и скорости БЛА показало работоспособность предлагаемой методики и перспективность её использования на первоначальном этапе синтеза системы управления БЛА. [1].

Математические модели применения БЛА включают в себя большое число математических выражений, которые описывают перемещение БЛА как твердого тела в пространстве, включающие уравнения кинематики и динамики движения центра масс и относительно центра масс. Здесь должны присутствовать модели атмосферы, включающие её турбулентность, математические

выражения, описывающие физические процессы, происходящие в различных системах и элементах БЛА. Математически моделируются происходящие в системах БЛА механические и электрические процессы. Кроме того, в математических моделях функционирования систем БЛА могут присутствовать модели, описывающие газодинамику, пневматику, гидравлику. Значительную часть математических моделей систем управления БЛА занимает моделирование радиотехнических систем и их элементов [1].

В связи со сложностью математического описания всех элементов БЛА синтез управления БЛА необходимо производить поэтапно, начиная с решения наиболее общей задачи и последовательно переходя к решению частных задач. Первоначально целесообразно решать задачу в самом общем виде, постепенно переходя к решению частных задач. [1].

Для исследования полета БЛА по заданной траектории представлена общая математическую модель соответствующей траектории [2]:

$$\begin{aligned} \dot{X}(t) &= A(t)X(t) + B(t)U(t), \\ X(t_0) &= X_0, \end{aligned} \quad (1)$$

При решении данной задачи синтеза управления БЛА, минимизируемый функционал – квадратичный функционал Летова-Калмана [2]:

$$J = X_k^T R X_k + \int_{t_0}^{t_k} [X(t)^T Q(t) X(t) + U(t)^T S(t) U(t)] dt. \quad (2)$$

Рассмотрена задача изменения траектории полета БЛА в вертикальной плоскости. На рис. 1 представлен общий вид траектории полета БЛА [1]:

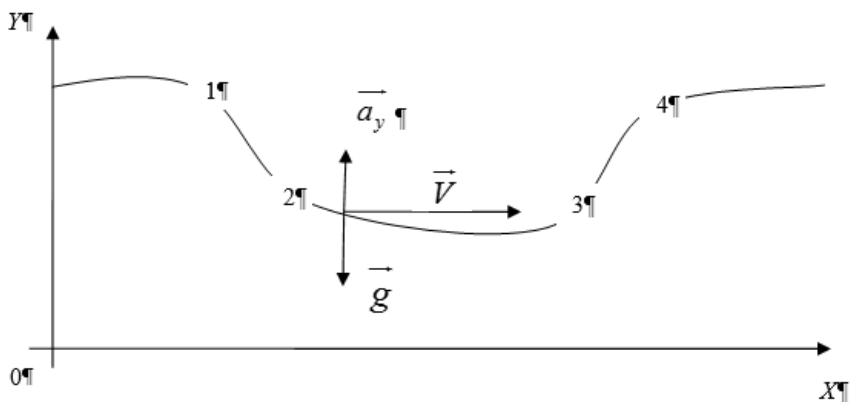


Рис. 1. Траектория полёта БЛА

Проекция оптимального ускорения центра масс БЛА на ось Y при определенных допущениях определяется следующим выражением [1]:

$$a_{yg} = -\frac{4v_{yg}}{t_{ост}} - \frac{6(y_g - y_{gзад})}{(t_{ост})^2} + g . \quad (3)$$

Результат компьютерного моделирования представлен на рис. 2

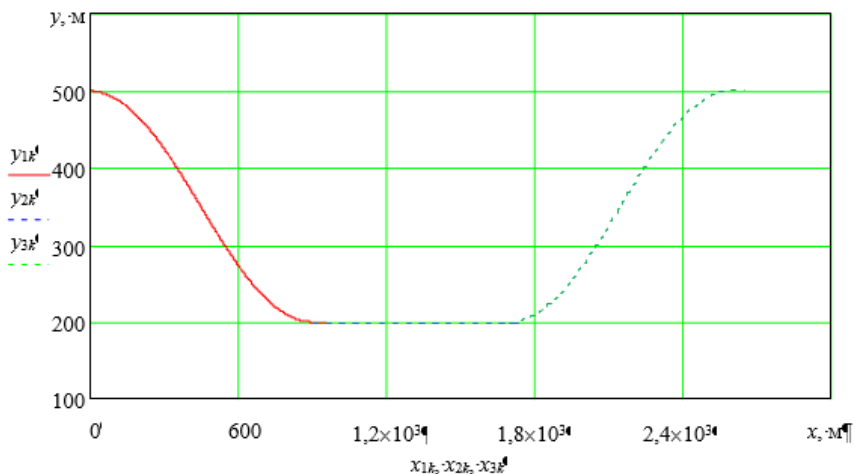


Рис. 2. Результаты моделирования траектории полёта БЛА

Литература

1. Лобатый А.А., Бумай А.Ю. Аналитический синтез управляющего ускорения беспилотного летательного аппарата / А.А. Лобатый, А.Ю. Бумай, С.С. Прохорович // Наука и техника. – 2021. – Т20. – № 3. – С. 215-224.
2. Лобатый А.А., Бумай А.Ю., Ду Ц. Формирование оптимальных параметров траектории пролета беспилотного летательного аппарата через заданные точки пространства / А.А. Лобатый, А.Ю. Бумай, Д. Цзунь // Доклады БГУИР. – 2019. – №7-8(172). – С. 50-57.