

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ПОДДЕРЖАНИЯ ТРАЕКТОРИИ ПОЛЕТА БПЛА ПРИ МОНИТОРИНГЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕОРИИ НЕЧЁТКИХ МНОЖЕСТВ

Шумский А. Н., Карпович Д. С.

Кафедра автоматизации производственных процессов и электротехники,

Белорусский государственный технологический университет

Минск, Республика Беларусь

E-mail: andreishumski91@gmail.com, karpovich@tut.by

Представлен способ управления беспилотным летательным аппаратом самолетного типа с применением теории нечетких множеств позволяющий производить мониторинг окружающей среды при полете по маршруту, как вблизи, так и вдали от производства, со стабилизацией бокового отклонения от линии заданного пути.

ВВЕДЕНИЕ

На данный момент, большая часть задач, возлагаемая на беспилотные летательные аппараты (БПЛА), выполняется в автоматизированном режиме. Для управления БПЛА используется автопилот, в котором находится логика его работы, законы управления, а также навигационные решения для полета, при этом человек-оператор контролирует корректное выполнение задач, возложенных на БПЛА. При необходимости человек-оператор может передать команды на борт БПЛА, которые в свою очередь могут корректировать высоту маршрута, скорость полета, полет к точке интереса и др. БПЛА в процессе выполнения миссии опрашивает наземную станцию управления, где находится человек-оператор, данные о высоте, скорости, углах и др. (телеметрию), которые используются для оценивания корректности и соответствия заданным параметрам миссии [1].

I. ПОЛЕТ БПЛА ПО МАРШРУТУ

В настоящее время, ввиду роста вредных производств, а также повышения количества выбрасываемых веществ в атмосферу, появляется необходимость в контроле и регистрации показаний воздушной среды как вблизи, так и вдали от производства, для принятия мер по снижению количества выбросов. Поскольку для получения показаний о состоянии воздуха, необходимо покрывать большую площадь мониторинга, то применение беспилотных летательных аппаратов позволит как ускорить снятие показаний, так и получать данные показания по заданному интервалу времени, а также по строго заданному маршруту, что в свою очередь даёт объективно оценивать величину выбросов. Для полета беспилотного летательного аппарата необходимо создание маршрута, в соответствии с которым, БПЛА будет выполнять свои задачи. При этом следует учитывать, что между поворотными пунктами маршрута (ППМ) можно лететь по двум из следующих способов [2,3]:

- курсовой способ наведения, заключается в выдерживании заданного курса от текущего местоположения на следующий ППМ;
- маршрутный способ наведения, заключается в построении прямой линии заданного пути (ЛЗП) между двумя ППМ и последующим полётом с выдерживанием ЛА на ней.

Целью системы автоматического управления БПЛА на этапе полета по заданному маршруту является выдерживание заданной траектории горизонтального полета [4]. Поскольку выдерживание ЛЗП должно осуществляться с максимальной точностью, то необходимо использовать закон управления боковой координатой с интегральной составляющей (1).

$$\delta_{aileron} = K_Z \dot{Z} + K_Z Z + K_Z^f \int Z dt.$$

Так как минимизация отклонения от ЛЗП происходит с помощью элеронов, то в закон управления необходимо добавить составляющие, которые будут ограничивать максимальный крен при прохождении ППМ.

$$\delta_{aileron} = K_{\omega_x} \omega_x + K_{\gamma} \gamma + K_Z \dot{Z} + K_Z Z + K_Z^f \int Z dt.$$

Структурная схема системы автоматического управления БПЛА при полете по маршруту и стабилизации бокового отклонения от ЛЗП представлена на рис. 1.

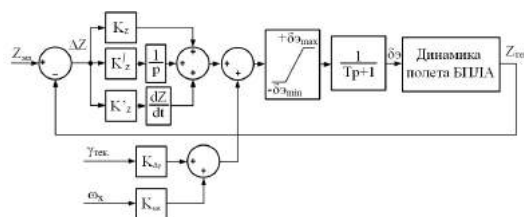


Рис. 1 – Структура системы управления

Параметры закона управления находились с использованием нечеткого регулятора [5,6]. Тогда структурная схема контура управления примет вид (см. рис. 2).

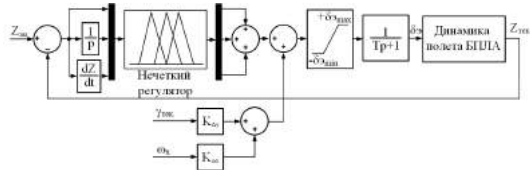


Рис. 2 – Структура системы управления с нечетким регулятором

На рис. 2 представлены нечеткий ПИД-регулятор для бокового отклонения от ЛЗП. ПД-регулятор защиты от максимального крена. Упрощённая модель исполнительного механизма (рулевая машинка), а также модуль динамики полета БПЛА.

II. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В режиме полета по маршруту элероны минимизируют отклонение от ЛЗП между двумя ППМ. При прохождении одного из ППМ происходит смена курса (курс на следующий ППМ), поэтому после прохождения ППМ наблюдается $\frac{3}{4}$ скачок; на графике бокового отклонения, которое компенсируется работой элеронов и руля направления. График переходного процесса бокового отклонения от ЛЗП (см. рис. 3).

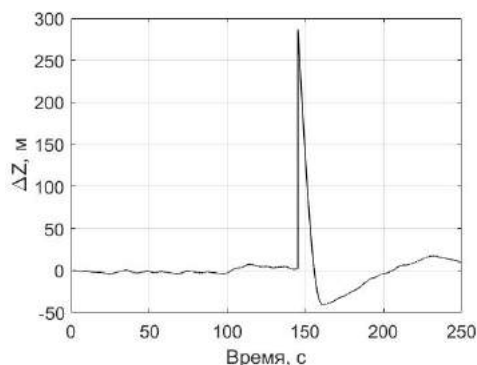


Рис. 3 – Переходной процесс бокового отклонения от ЛЗП

График переходного процесса крена (см. рис. 4).

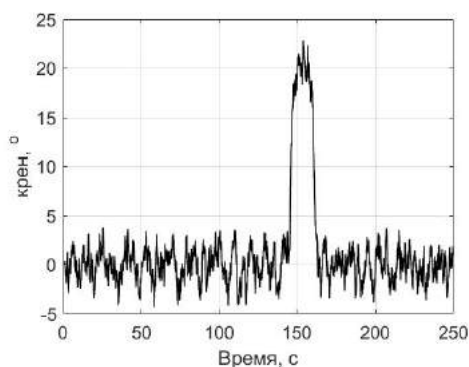


Рис. 4 – Переходной процесс изменения крена

График переходного процесса отработки элеронов (см. рис. 5).

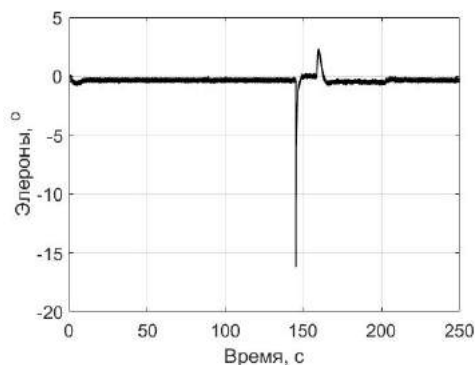


Рис. 5 – Переходной процесс работы элеронов при полете по маршруту

III. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В соответствии с полученными результатами для системы автоматического управления БПЛА при полете по заданному маршруту, можно отметить, что закон управления боковым отклонением от ЛЗП, синтезированный с помощью теории нечетких множеств, может быть использован в САУ для мониторинга окружающей среды, где важна точность соблюдения полета по маршруту, а также необходима повторяемость полета БПЛА по заданному пути неограниченное количество раз. Данная повторяемость позволит набрать определенное количество измерений в заданных точках отбора проб, для составления полной картины статистики выбросов нежелательных веществ в окружающую среду. Что в свою очередь, позволит принять необходимые меры по снижению неблагоприятных выбросов в атмосферу.

IV. СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Способы организации управления беспилотными летательными аппаратами / Иванова И. А., Никонов В. В., Царева А. А. // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук, -- 2014. -- No 11-1. -- С. 56–63.
2. Распопов, В. Я. Микросистемная авионика: учебное пособие. -- Тула : Эгриф К 2010. – 248 с.
3. Романова, И. К. Методы синтеза системы управления летательными аппаратами: учебное пособие. -- Москва: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, – 2017. -- 153 с.
4. H. Chao, Y. Luo, L. Di, and Y. Q. Chen. Fractional order flight control of a small fixed-wing uav: controller design and simulation study / Proc. ASME Int. Design Engineering Technical Conf. Computers and Information in Engineering, No. MESA-87574, – 2009.
5. Jin J., Huang H., Sun J., Pang Y. Study on Fuzzy SelfAdaptive PID Control System of Biomass Boiler Drum Water / Journal of Sustainable Bioenergy Systems. -- 2013. -- V. 3. -- P. 93–98.
6. Демидова Л. А. Принятие решений в условиях неопределенности / Демидова Л. А., Кираковский В. В., Пылькин А. Н. – М.: Горячая линия -- Телеком, – 2012. – 290 с.