

Абдихалык Л.М.,

Магистрант 2 курс, факультет «компьютерных систем и профессионального образования»

Казахский агротехнический университет им. С. Сейфуллина

Казахстан, г. Астана

Жантлесов Ж.Х.,

к.ф.-м.н., доцент кафедры «Вычислительная техника и программное обеспечение» Казахский агротехнический университет им. С. Сейфуллина

Казахстан, г. Астана

Жантлесов Е.Ж.,

магистр, научный сотрудник лаборатории «Неразрушающий контроль» Казахский агротехнический университет им. С. Сейфуллина

Казахстан, г. Астана

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА КОНЕЧНЫХ РАЗНОСТЕЙ ВО ВРЕМЕННОЙ ОБЛАСТИ ДЛЯ СТАБИЛИЗАЦИИ ТЕХНИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ

Аннотация: Статья посвящена разработке алгоритма стабилизации технических устройств на основе метода конечных разностей во временной области.

Процесс стабилизации технических устройств описывается волновым уравнением, которое решается методом конечных разностей во временной области. Решение волнового уравнения позволило учесть инерцию технического устройства и внести корректировки для проведения оптимальной стабилизации.

Ключевые слова: Стабилизация, гироскоп, метод конечных разностей.

Annotation: Article is devoted to development of an algorithm of stabilization of technical devices on the basis of a finite difference time domain method.

Process of stabilization of technical devices is described by the wave equation which is solved by method of finite difference time domain method. The solution of the wave equation allowed to consider inertia of the technical device and to make corrections for carrying out optimum stabilization.

Keywords: *Nondestructive control, ultrasonic tomography, digital focusing.*

Стабилизация технических устройств применяется практически во всех сферах деятельности человека и основывается на получении данных с датчика, который показывает ориентацию или углы наклона технического устройства, далее цифровым или аналоговым методом вносятся корректировки в процесс изменения углов наклона и ориентации [1].

Сложность стабилизации технических устройств усложняется с увеличением массы стабилизируемого компонента. Из-за наличия инерции при установке нулевого положения, появляется угловая скорость, которая является следствием перехода потенциальной энергии отклонения в кинетическую энергию вращения. Угол наклона технического устройства при достижении нулевой позиции проходит мимо нулевой точки. Снова запускается процесс пересчета тяги двигателей, процесс продолжается до тех пор, пока не будет достигнута нулевая позиция [2].

В качестве примера технического устройства требующего стабилизацию использован многомоторный БПЛА.

С точки зрения механики, для математического описания модели стабилизации многомоторного БПЛА подойдет модель колеблющегося тела на пружине, которое описывается уравнением 1.

$$\rho \frac{\partial v}{\partial t} = \frac{\partial T}{\partial x} + f, \quad (1)$$

где, v – скорость тела, T – упругое напряжение пружины

Роль силы упругости в данной модели выполняет сила тяги двигателей с пропеллерами.

Производные компоненты скорости и напряжения вычисляются по формуле:

$$v' = \frac{\partial T}{\rho \partial x} + f \quad (2)$$

$$T' = k \frac{\partial v}{\partial x} + g \quad (3)$$

Решение волнового уравнения методом конечных разностей имеет вид [3]:

$$v_i^{(t+1)} = v_i^{(t)} + v_i'^{(t)} \Delta t \quad (4)$$

$$T_{ij}^{(t+1)} = T_{ij}^{(t)} + T_{ij}'^{(t)} \Delta t \quad (5)$$

Последовательность разработки алгоритма стабилизации БПЛА на основе метода конечных разностей заключается в выполнении следующих действий:

1 – Программная реализация математической модели алгоритма стабилизации

2 – Исследование параметров математической модели для минимизации времени стабилизации БПЛА.

Программная реализация математической модели алгоритма стабилизации основывается на методе конечных разностей во временной области. Данный метод подразумевает временную дискретизацию процесса моделирования и заключается в вычислении состояния компонентов волнового уравнения в последующие моменты времени (рисунок 1).

По формуле 2 и 3 вычисляются производные компонент. По формуле 4 и 5 вычисляются значения компонент волнового уравнения 1 в следующий момент времени. Далее, следующий момент времени становится настоящим и процедура продолжается до окончания моделирования.

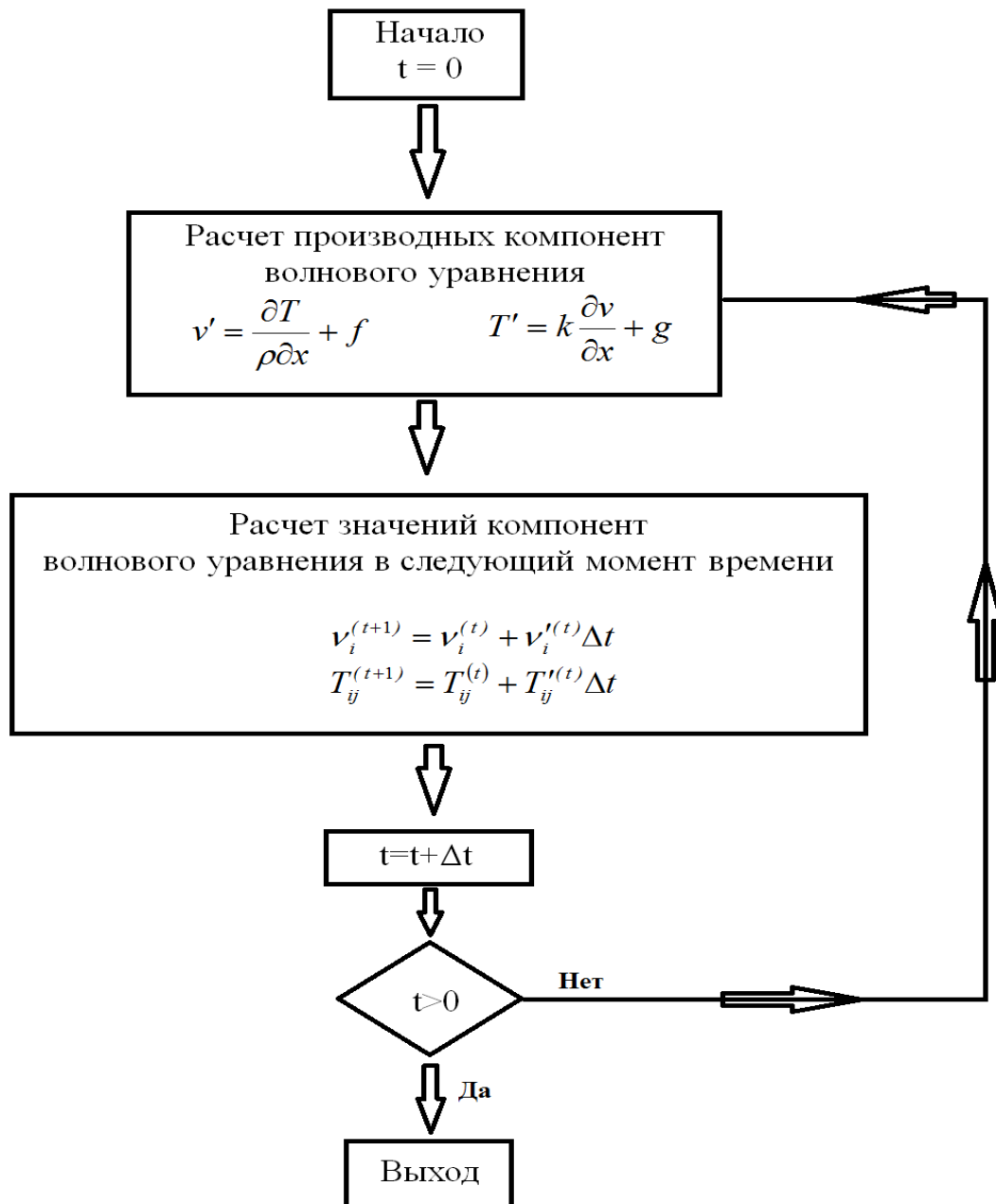


Рисунок 1. Блок схема алгоритма стабилизации БПЛА на основе метода конечных разностей во временной области

Для выбора оптимальных параметров стабилизации БПЛА, при помощи математической модели на основе метода конечных разностей во временной области, проведен анализ скорости смещения БПЛА от точки равновесия.

Анализ скорости смещения БПЛА показал, что в момент прохождения нулевого смещения скорость имеет ненулевое значение, т.е. БПЛА приобретает кинетическую энергию вращения. Возможность повлиять на время стабилизации

заключается в подавлении кинетической энергии смещения, а именно меняя обороты моторов, скорректировать подъемную силу пропеллера, таким образом, чтобы в момент пересечения с осью, кинетическая энергия вращения БПЛА приближалась к нулю.

Для решения данной задачи предложено изменение времени работы пропеллера. Предложенная последовательность действий заключается в следующем:

При отклонении БПЛА от нулевой позиции, включается алгоритм стабилизации, который основывается на установке добавочной подъемной силы пропеллера пропорциональной величине отклонения.

При помощи разработанной программы имитационного моделирования стабилизации БПЛА, проведено моделирование процесса стабилизации для разных величин отклонения, и на основе смоделированных данных построен график времени стабилизации в зависимости от времени изменения направления добавочной подъемной силы пропеллера (рисунок 2).

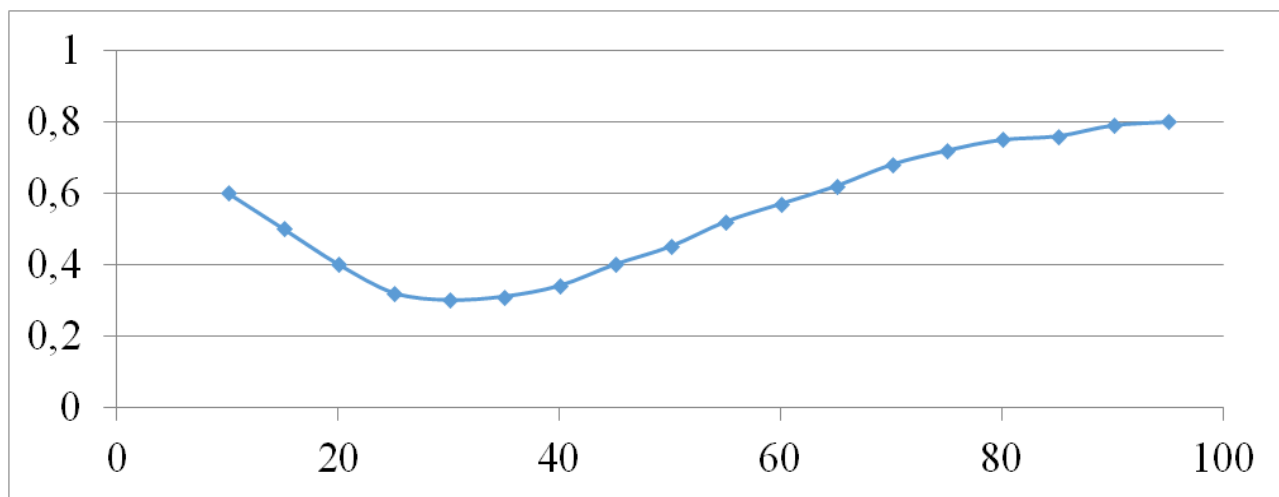


Рисунок 2 - Время стабилизации в зависимости от времени изменения направления добавочной подъемной силы пропеллера

На основе результатов моделирования установлено: оптимальной время изменения направления добавочной подъемной силы пропеллера составляет 26

% от максимального отклонения. При данных параметрах время стабилизации достигает 0,3 с.

В результате применения изменения направления добавочной подъемной силы удалось достигнуть трехкратного уменьшения времени стабилизации. Данные моделирования при калибровке можно использовать для стабилизации различных технических устройств.

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. В.Н. Воробьева, Д.Е. Доновский. Разработка алгоритмов системы стабилизации управляемого беспилотного летательного аппарата. Вестник Концерна ПВО «Алмаз - Антей» №2, 2015.
2. Красильщиков, М.Н. Управление и наведение беспилотных маневренных летательных аппаратов на основе современных информационных технологий / М.Н. Красильщиков, Г.Г. Серебряков. - М.: Наука, 2005. - 280 с.
3. S.S. Zivanovic, K. S. Yee, and K.K. Mei (1991). "A subgridding method for the Time Domain Finite-Difference Method to solve Maxwell's equations". IEEE Trans. Microwave Theory Tech. 38: 471.