

**Карцев Никита Владимирович**

магистрант

**Салыкова Ольга Сергеевна**

канд. техн. наук, заведующая кафедрой

Костанайский государственный

университет им. А. Байтурсынова

г. Костанай, Республика Казахстан

## **ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРЫ ПЛАНИРОВАНИЯ ТРАЕКТОРИИ ПОЛЕТА**

**Аннотация:** в данной статье анализируются особенности структуры планирования траектории полета квадрокоптера. Авторами рассмотрены два подхода к управлению БПЛА.

**Ключевые слова:** квадрокоптер, БПЛА, планирование траектории полета, система моделирования.

Основная цель исследования – это достижение возможности полного автономного полета. Эта задача включает три взаимных подзадачи: планирование миссии, генерирование необходимой траектории и управление полетом БПЛА по заданной траектории.

Планирование миссии полета. На этом этапе определяется, применение которого из методов является необходимым: глобального или локального. При этом сортируются задания, которые нужно решить в соответствии с избранным подходом.

Глобальный метод планирования возможно применить для БПЛА, используемого для патрулирования, полета по заданным точкам, облета зданий и т. д. Локальный метод планирования, можно использовать для БПЛА, который применяется для инспекции помещений, в динамических и изменяющихся средах полета, для слежения мобильного агента, облета препятствий и т. д. Это два метода реализуются методом аналитического сравнения с моделью поведения пилота: учитывая конечный пункт назначения (цель) оператор планирует общую

траекторию (глобальное планирование), которую нужно отследить до конечного пункта и избежать препятствия.

Из-за возможности существования неточности в информации, представляемой оператору, он меньше следит за уже приведенной информацией и сможет использовать более надежную оперативную локальную информацию, чтобы решать возможные задачи, собираемые в течение полета (локальное планирование).

Генерирование траектории. Исходя из выбранных методов планирования генератор пути определяет оптимальную кривую полета и отправляет координаты как задачи управления автопилоту. Метод генерирования разные. Они напрямую связаны с методами планирования.

Методы прямого и псевдоспектрального размещения могут иметь одну совместную характеристику: динамика отображается в дискретных точках по траектории. Это дает возможность провести непрерывную оптимизацию в задаче нелинейного программирования с возможностью использования аппроксимирующего полинома различных форм.

Метод прямого размещения можно использовать для проверки точности состояния между цифровыми узлами, полученных приближенными полиномами. Однако он может наложить дополнительные ограничения при базовом программировании. Эти ограничения могут дополнить требования по компьютерной мощности. Помимо того, цифровые решения менее точны по сравнению с методами на основе аналитических производных.

Конечный шаг дискретизации выбирается очень взвешенно, поскольку точность исчисления производных непосредственно влияет на скорость и точность лучшего решения.

Методы приближения на основе нейронной сети освобождают от необходимости использования метода расположения и делает числовые или автоматические расчеты производных методом аппроксимации динамики с сетью нейронов на небольшой, заданный отрезок времени. Тогда траектория строится рекур-

сивно. Но этот метод не может совершить необходимое быстрое действие, поскольку нейронные сети строятся на эвристическом методе обучения. Отсюда следует, что приближения нейронных сетей нужны для генерирования траектории в известной ранее статической среде.

Поисковые методы более быстрые, чем другие алгоритмы, но проблема локального минимума их большой недостаток.

Управление полетом. Для исполнения задач управления нужно регулировать состояние полета в соответствии с задаваемыми координатами. Состояния полета обычно исследуется через шесть степеней свободы. Для моделирования системы управления полетом применяют два подхода: линейный и нелинейный.

При линейном моделировании возможности управления определяются оптимальным путем, где состояния полета не составляют взаимосвязанными, а в нелинейной модели квадрокоптера, должны учитывать тригонометрию малых углов, но время от времени так же учитывается где находится центр тяжести и гибкость структуры квадрокоптера.

В литературе представлены два подхода к управлению БПЛА, они основаны на линейном нелинейном моделировании. При линейном подходе алгоритмы регулирования автопилота базируется на базе линейно-квадратического регулирования (ЛКР), и ЛКР, созданный с помощью фильтра Кальмана [1].

К тому же, для пилотирования БПЛА по заданной траектории используют алгоритмы, базирующиеся на искусственном интеллекте, включая нечеткую логику, модификации нейронных сетей и даже нейро-нечеткие регуляторы.

Математическая модель БПЛА – линейная. Регуляторы состояний полета, базирующиеся на искусственном интеллекте, имеют преимущество адаптации к преобразованиям среды полета. Процесс пилотирования в режиме реального времени может не быть идентичным критерию оптимальности по быстрому действию, тем более при нелинейном подходе моделирования.

При линейном подходе к моделированию БПЛА получаются четыре независимых контура управления, что может привести к тому, что модификации на выходе контура вращения или поступательного движения не играют роли на работу

остальных контуров управления. Это допущение принимается для того, чтобы выбрать алгоритм модального управления чтобы синтезировать регуляторы состояний полета.

Более приближенным к реальным условиям подходом к моделированию и управлению БПЛА является обозначение контуров управления взаимосвязанными. При этом отклонение любой величины во внутреннем (вращательное движение) или во внешнем контуре управления (поступательное движение) дает изменения во всех остальных контурах. Вышеупомянутый подход представляется более сложным для исследования законов изменения состояний, и для синтеза системы регулирования [2].

Существуют исследования, рассматривающие влияние позиции центра тяжести на управление беспилотников. Это имеет большое значение для самолетов вертикального взлета и посадки и, в частности, для квадрокоптера, так как вся система обратной связи располагается на основе инерционных датчиков управления (гироскоп, акселерометр).

### ***Список литературы***

1. Моисеев В.С. Прикладная теория управления беспилотными летательными аппаратами: монография. – Казань: ГБУ «Республиканский центр мониторинга качества образования». – 768 с.
2. Осипов Г.С. Интеллектуальные системы управления автономными транспортными средствами: стандарты, проекты, реализация / Г.С. Осипов, И.А. Тихомиров, В.М. Хачумов, К.С. Яковлев // Авиакосмическое приборостроение. – 2009. – №6. – С. 34–43.