

Секция «Дифференциальные уравнения, динамические системы и оптимальное управление»

**О теоретических и практических особенностях управления многочисленной плотной группой беспилотных летательных аппаратов как системой с распределенными параметрами**

**Научный руководитель – Вербя Владимир Степанович**

*Миляков Денис Александрович*

*Кандидат наук*

Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана,  
Фундаментальные науки, Москва, Россия

*E-mail: from\_fn@mail.ru*

Качественное усиление роли беспилотных летательных аппаратов (БЛА) различного назначения предопределило их массовое, особенно групповое, применение, позволяющее получить целый ряд преимуществ при решении различных задач с реализацией целого комплекса новых приемов, обладающих рядом преимуществ. При этом новые возможности больших групп БЛА определяются не только количеством участников, но и конфигурацией группы и поведением участников внутри нее.

В связи с этим эффективность применения группы БЛА определяется способностью ее системы управления обеспечить построение требуемой топологии такой группы, ее перемещение в пространстве и поведение участников внутри группы. Общим для всех видов больших групп при групповом управлении ими является необходимость решения следующих задач:

- сбора группы с формированием требуемой топологии;
- управления пространственным положением всей группы и отдельными участниками внутри нее при незначительных расстояниях между ними;
- информационного обеспечения алгоритмов управления отдельными участниками.

Наибольшую сложность представляет формирование требуемых законов управления и его информационного обеспечения для плотной группы БЛА, расстояние между которыми сравнимо с разрешающей способностью средств обнаружения противоборствующей стороны. Законы управления такой группой должны обеспечивать не только реализацию ее целевого назначения, но и предотвращение столкновений участников между собой. При этом согласованное управление плотной группой может достигаться в рамках двух подходов.

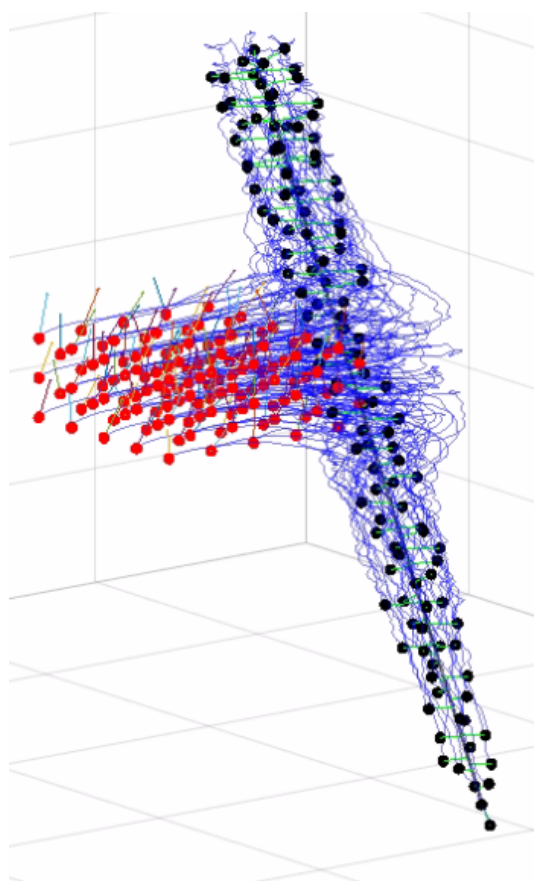
Первый подход является классическим и заключается в рассмотрении группы как совокупности отдельных объектов, для каждого из которых формируются модель состояния и управление. Однако в приложении к большим и плотным группам объектов возникает проблема обеспечения их управляемости, которая может быть в некоторой степени решена за счет различных упрощений, например, разбиений и обобщений, или различными вариантами кластеризации.

Второй подход предполагает рассмотрение группы объектов как системы с распределенными во времени и пространстве параметрами (сплошной системы), состоящей из совокупности элементов, которую можно назвать средой БЛА. Состояние этой среды охарактеризуем некоторым соотношением, исходя из закона сохранения импульса, параметрами которого являются координаты и время. Такая неклассическая постановка задачи позволяет при описании взаимодействия БЛА между собой, связности элементов среды и их

взаимодействия в отсутствие внешнего воздействия использовать положения статической физики. Получаемые соотношения между макроскопическими и микроскопическими характеристиками среды в виде дифференциальных уравнений в частных производных аналогичны известным соотношениям, описывающим состояние различных типов сплошных сред.

В докладе применительно к задаче вывода многочисленной плотной группы БЛА на требуемую топологию различного класса (см. рис.1-4) будут рассмотрены особенности применения второго подхода.

### Иллюстрации



**Рис. 1.** Вывод группы БЛА на неподвижный отрезок

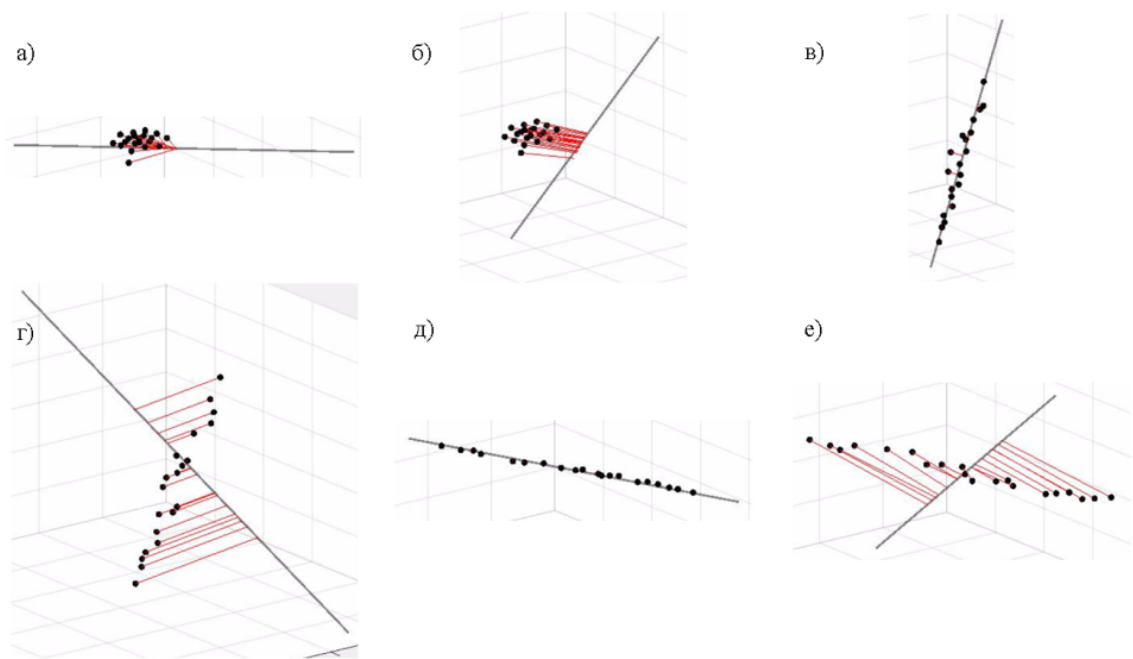


Рис. 2. Вывод группы БЛА на подвижный отрезок

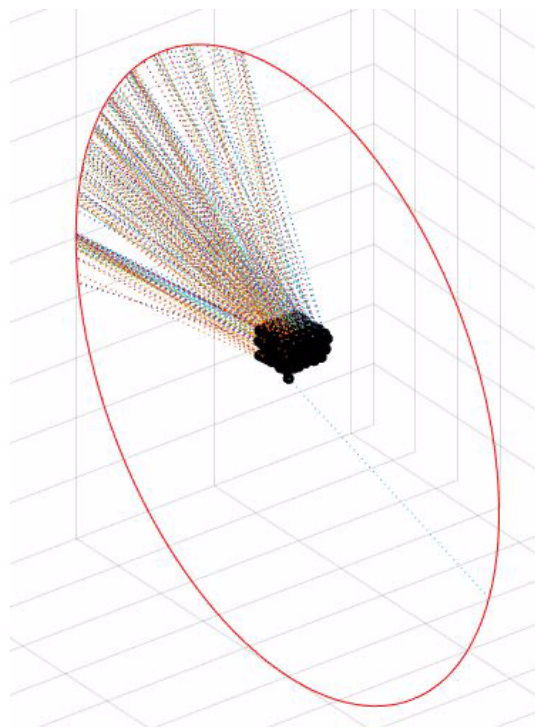


Рис. 3. Вывод группы БЛА на кольцо (начало)

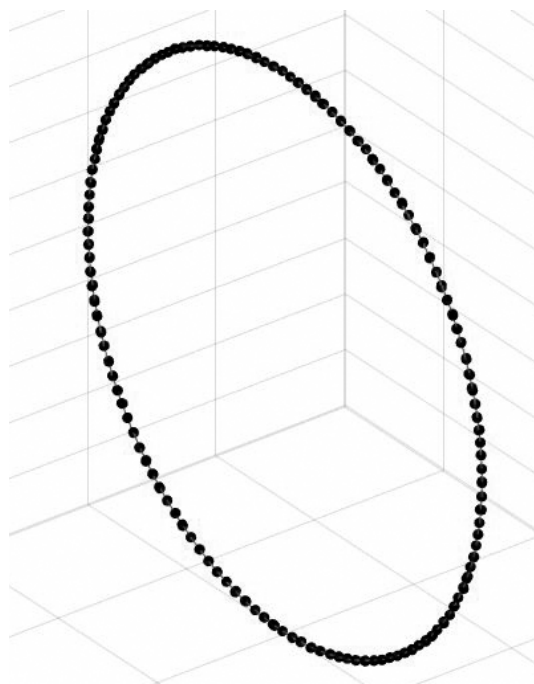


Рис. 4. Вывод группы БЛА на кольцо (конец)

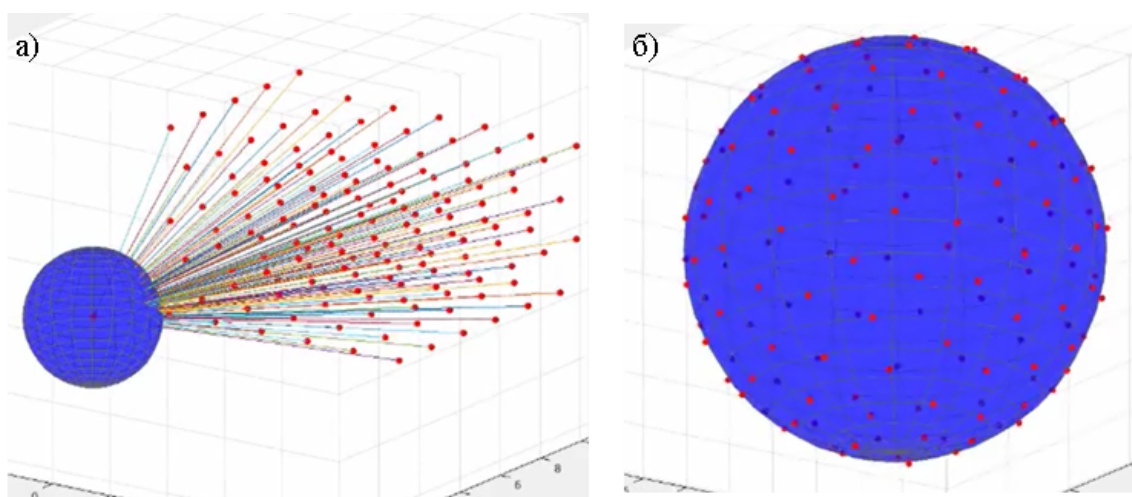


Рис. 5. Вывод группы БЛА на сферу