

ВЛИЯНИЕ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК НА ПОЛЕТ БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

А.А. Саломатин

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН

Россия, 117997, Москва, Профсоюзная ул., 65

E-mail: aleksandr.salomatin@phystech.edu

Ключевые слова: беспилотный летательный аппарат, управление, метеорологические характеристики, погодные условия.

Аннотация: В работе проводится исследование влияния метеорологических характеристик на полет беспилотного летательного аппарата. Сформированы четыре класса метеорологических характеристик: характеристики атмосферы, характеристики ветра, характеристики тумана и облаков, характеристики осадков. Отмечены метеорологические характеристики, принадлежащие к каждому классу, а также их влияние на полет беспилотного летательного аппарата. Критические значения показателей затрудняют видимость и могут приводить к летным происшествиям, связанным с тяжелыми последствиями для беспилотных летательных аппаратов. Проводится краткий обзор исследований, посвященных полету беспилотных летательных аппаратов с учетом приведенных метеорологических характеристик. Результаты статьи могут быть полезны для дальнейших исследований в области эффективного применения беспилотных летательных аппаратов в различных задачах.

1. Введение

В наше время все большее внимание исследователей занимает применение беспилотных летательных аппаратов (БЛА). Их используют как в гражданской, так и военной сферах, где они предназначены для доставки грузов, разведки и мониторинга местности, взаимодействуют с живыми и неживыми объектами, выполняя поставленные им задачи.

Однако использование БЛА во многих отмеченных задачах должно подкрепляться эффективным управлением, тем более, когда задачи становятся комплексными и имеются высокие требования к выполнению цели с помощью БЛА. В связи с этим разрабатываются новые математические модели, методы и алгоритмы оптимального управления БЛА, учитывающие разнообразные характеристики, в том числе метеорологические характеристики, напрямую связанные с погодными условиями.

Необходимо пристально наблюдать за метеорологическими характеристиками, поскольку они оказывают большое влияние на выполнение полетов БЛА. Определяются минимумы погоды - минимально необходимые для безопасного полета БЛА метеорологические условия.

Текущая работа направлена на обзор существующих решений в задачах управления БЛА с учетом метеорологических характеристик для разработки и совершенствования новых моделей, методов и алгоритмов управления. В следующем разделе представлен набор различных погодных условий и связанных с ними метеорологических

характеристик, а в разделе 3 отмечены, какие из погодных условий уже учитывались в работах исследователей.

2. Погодные условия и метеорологические характеристики

Различные погодные условия по-разному влияют на полеты БЛА. Так серьёзную опасность для БЛА представляет ливень с грозой, при котором полет БЛА будет не просто затруднен, но даже невозможен. Напротив, полет БЛА будет комфортен в ясную погоду, когда присутствует высокая дальность видимости, а скорость ветра небольшая.

Набор выявленных метеорологических характеристик представлен ниже в таблице 1 [1].

Таблица 1. Классы метеорологических характеристик и их влияние на полет БЛА.

Класс характеристик	Метеорологические характеристики	Влияние на полет БЛА	Дополнительное замечание
Характеристики атмосферы	Температура воздуха, влажность воздуха, давление воздуха, плотность воздуха,	Летно-эксплуатационные характеристики должны соответствовать условиям стандартной атмосферы. При отклонении фактических значений физических характеристик от значений стандартной атмосферы нужно учитывать изменение летно-эксплуатационных характеристик	Стандартная атмосфера представляет собой условную атмосферу, в которой отражено среднее распределение характеристик атмосферы по высоте
Характеристики ветра	Скорость ветра, направление ветра	На полет БЛА влияет как ветер в приземном слое, так и ветер на высотах. Приземный ветер влияет на взлет и посадку БЛА, а ветер на высотах — на их навигацию. При сильном ветре во взлетно-посадочном пункте могут возникать опасные для авиации явления погоды (например, метели и пыльные бури), ухудшающие видимость. Сильные ветры или их шквалы могут приводить к тяжелым последствиям	Эффективным является сбор статистики по метеорологическим характеристикам ветра на местности за большой период времени. Это полезно не только для более точного прогнозирования влияния ветров на БЛА, но и при создании условий для строительства взлетно-посадочного пункта
Характеристики тумана и облаков	Интенсивность тумана, тип облаков, в которых происходит полет БЛА (перистые, перисто-кучевые, перисто-слоистые, высококучевые, высоко-слоистые, слоисто-кучевые, слоистые, слоисто-дождевые, кучевые, кучево-дождевые)	Некоторые типы облаков могут приводить к плохой видимости и тряске БЛА. Более того, туманы и облака непосредственно связаны с влажностью воздуха, что создаёт при её высоких значениях вывод из работы электроники	Из анализа облаков можно также делать прогнозы о ближайших изменениях погоды

Характеристики осадков	Вид осадков (снег, снежная крупа, снежные зерна, ледяная крупа, град, ледяной дождь, ледяные иглы, дождь, морось, мокрый снег, морозящие осадки), количество и размеры осадков (например, максимальная длина или максимальная толщина), количество осадков	Осадки ухудшают видимость. Происходит столкновение частиц с корпусом или винтами БЛА, что часто приводит к тяжелым последствиям при большом количестве осадков	Ливневые осадки могут сопровождаться грозами, которые способны вывести из строя БЛА
-------------------------------	--	--	---

Деление характеристик на классы является условным, поскольку изменение одних метеорологических характеристик происходит совместно с изменением других характеристик, но оно даёт возможности для исследования полета БЛА с разных сторон. Сами метеорологические характеристики могут быть собраны за счет наблюдений, с помощью датчиков, установленных на БЛА, или специальных приборов, используемых отдельно (термометр, барометр, дождемер и др.).

3. Исследования, посвященные полету БЛА с учетом метеорологических характеристик

Рассмотрим, какие метеорологические характеристики уже учитывались исследователями и при решении каких задач, связанных с полетами БЛА.

Наибольшее внимание исследователей посвящено исследованию влияния ветра на полет БЛА. В работах [2-4] решалась задача формирования маршрута наискорейшего облета протяженных объектов с учетом действий ветра. Траектория наискорейшего перелета состояла из участков движения с постоянным курсовым углом и/или разворотов с максимально возможной скоростью. Учитываемыми метеорологическими характеристиками в отмеченных случаях являются скорость и направление ветра. В работе [5] авторы определили взаимосвязь ветра и местности, в которой происходит полет БЛА, и разработали модель управления БЛА в местности с плотной застройкой.

Авторы работы [6] помимо учета метеорологических характеристик ветра затронули также такие метеорологические характеристики атмосферы как температура воздуха, давление воздуха, влажность воздуха, а также отметили набор характеристик, влияющих на обледенение. К числу последних относились показатели облачности и туманности, наличия некоторых типов осадков (снега, дождя или мороси). Сделан вывод, что полет БЛА ограничен пограничным слоем на малых высотах, а силой ветра, температурой и влажностью – на больших.

В исследовании [7] отмечен ряд неблагоприятных воздействий внешней среды на полет БЛА, в том числе связанных с погодными условиями. К ним отнесли интенсивные осадки, сдвиги ветра, отрицательные температуры воздуха. Детальный анализ показал, на какие элементы БЛА воздействуют те или иные осадки и к каким последствиям они могут привести. Был также исследован вопрос влияния грозы на полет БЛА, основанный на результатах испытаний.

Влиянию комплекса метеорологических характеристик на эффективность применения БЛА посвящена работа [8]. Авторы исследования провели классификацию дестабилизирующих воздействий, определяемых погодными условиями, и составили набор стратегий для корректирования управления полетом БЛА при возникновении этих воздействий.

Из проведенного обзора работ можно сделать вывод, что уже существуют исследования влияния выявленных в предыдущем разделе погодных условий и метеорологических характеристик на полет БЛА в различных задачах, однако в математических моделях управления БЛА большинство таких параметров не учитываются детально либо сделано предположение о том, что созданы условия для неопасного полета БЛА.

4. Заключение

В результате проведенного в работе исследования было получено два основных результата:

- проведена классификация метеорологических характеристик и отмечено их влияние на полет БЛА;
- проведен краткий обзор исследований, в которых учитывается влияние различных метеорологических характеристик на полет БЛА.

Таким образом, текущая работа дает предпосылки для дальнейших исследований в данной теме. Становится актуальным вопрос разработки и усовершенствования существующих моделей управления БЛА за счет учета новых метеорологических характеристик и их влияния на полет БЛА в благоприятных и опасных условиях.

Список литературы

1. Астапенко П.Д., Баранов А.М., Шварев И.М. Погода и полеты самолетов и вертолетов. Л.: Гидрометеоздат, 1980. 280 с.
2. Калашников А.И., Моисеев Д.В. Маршрут наискорейшего облета протяженных объектов легким беспилотником с учетом виражей и действия ветра // Авиация и космонавтика: тезисы 21-й международной конференции. Москва, 21 ноября – 25 ноября 2022 г. М.: Перо, 2022. С. 33-34.
3. Калашников А.И., Моисеев Д.В. О расчете траектории наискорейшего перелета легкого беспилотника самолетного типа между протяженными объектами с учетом действия ветра // Системный анализ, управление и навигация: Тезисы докладов XXVII научной конференции. Евпатория, 02 июля - 09 июля 2023 г. М.: ООО «Буки Веди», 2023. С. 120-122.
4. Калашников А.И., Моисеев Д.В. Планирование наискорейшего облета группы протяженных объектов легким беспилотником самолетного типа в условиях действия ветра // Системный анализ, управление и навигация: Тезисы докладов XXVII научной конференции. Евпатория, 02 июля - 09 июля 2023 г. М.: ООО «Буки Веди», 2023. С. 146-148.
5. Неретин Е.С., Пестов П.В. Перспективная система оптимизации маршрута полета группы беспилотных летательных аппаратов с учетом влияния динамических погодных условий // Актуальные проблемы развития авиационной техники и методов ее эксплуатации – 2022: Сборник трудов XV Всероссийской научно-практической конференции студентов и аспирантов, посвященной празднованию 100-летия конструкторского бюро «Туполев», 55-летия Иркутского филиала МГТУ ГА, 75-летия Иркутского авиационного технического колледжа. Иркутск, 08 декабря - 09 декабря 2022 г. Иркутск: Иркутский филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технический университет гражданской авиации», 2023. Т. 1. С. 211-220.
6. Горбунов А.А., Галимов А.Ф. Влияние метеорологических факторов на применение и безопасность полёта беспилотных летательных аппаратов с бортовым ретранслятором радиосигнала // Вестник Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России. 2016. № 2. С. 7-15.
7. Антохин Е.А., Панасенко Н.Н., Атакищев О.И., Чернова П.Д. Обеспечение безопасности испытаний беспилотных летательных аппаратов военного и специального назначения // Известия Института инженерной физики. 2019. № 2 (52). С. 71-76.
8. Кузнецов И.Е., Мельников А.В., Rogozin E.A., Страшко О.В. Методика учета влияния метеорологических факторов на эффективность применения беспилотных летательных аппаратов на основе системного анализа // Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. 2018. № 45 (2). С. 125-139.