

**Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«Московский физико-технический институт
(национальный исследовательский университет)»**

УТВЕРЖДЕНО

**Директор передовой инженерной
школы радиолокации,
радионавигации и программной
инженерии**

М.А. Кудров

Рабочая программа дисциплины (модуля)

по дисциплине:	Управление группами БВС
по направлению:	Прикладные математика и физика
профиль подготовки:	Беспилотные авиационные системы Физтех-школа авиационных и цифровых технологий кафедра технологий проектирования сложных технических систем
курс:	4
квалификация:	бакалавр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 8 (весенний) - Дифференцированный зачет

Аудиторных часов: 60 всего, в том числе:

лекции: 30 час.

семинары: 30 час.

лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 30 час.

Всего часов: 90, всего зач. ед.: 2

Программу составил: Е.А. Ильина

Программа обсуждена на заседании кафедры технологий проектирования сложных технических систем
15.03.2024

Аннотация

Дисциплина "Групповое управление БВС" предназначена для студентов, которые планируют работать в авиационной отрасли. В рамках данного курса рассматриваются особенности организации управления группой беспилотных воздушных судов (БВС), существующие и перспективные методы организации взаимодействия БВС в составе одной группировки при выполнении различных задач.

1. Цели и задачи

Цель дисциплины

- формирование у студентов комплексных знаний о способах управления группой БВС, методах и алгоритмах группового управления БВС, решении задач навигации при управлении группой БВС.

Задачи дисциплины

- изучение методов и алгоритмов группового управления БВС. Преимущества и недостатки различных методов;
- разработка модели динамики полета БВС в группе;
- изучение структуры и параметров системы автоматического управления БВС при согласованном полете в составе группы;
- определение относительных скоростей БВС, летящих в группе;
- разработка программно-алгоритмического обеспечения для управления согласованным полетом в составе группы.

2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
ПК-1 Способен планировать и проводить научные эксперименты (в избранной предметной области) и (или) теоретические (аналитические и имитационные) исследования	ПК-1.1 Владеет фундаментальными понятиями, законами и теориями современной физики
	ПК-1.2 Имеет глубокое знание и понимание базовых математических дисциплин
	ПК-1.3 Владеет культурой постановки научной задачи и моделирования естественнонаучных объектов и систем
	ПК-1.4 Умеет строить математические модели для описания и исследования процессов и явлений в соответствующих научных областях
	ПК-1.5 Владеет навыками безопасной работы с современными научными приборами и другим экспериментальным оборудованием
	ПК-1.6 Знает основные правила поведения и работы в современной научной лаборатории
	ПК-1.7 Способен оценивать требуемые ресурсы (материальные и временные) для планирования и проведения научного эксперимента
	ПК-1.8 Владеет навыками работы с современными языками программирования и программными пакетами для научных расчетов
	ПК-1.9 Знает перечень ведущих периодических научных изданий и способен выделять актуальные научные публикации в профессиональной области
ПК-2 Способен анализировать полученные в ходе научно-исследовательской работы	ПК-2.1 Владеет методами статистической обработки и анализа научных данных
	ПК-2.2 Умеет находить ключевые параметры, определяющие изучаемое явление, и производить численные оценки по порядку величины

данные и делать научные выводы (заключения)	ПК-2.3 Способен представлять научные утверждения, их обоснования и доказательства, научные проблемы и их решения ясно и точно в терминах, понятных для профессиональной аудитории, в письменной и устной форме
ПК-3 Способен выбирать и применять подходящее оборудование, инструменты и методы исследований для решения задач в избранной предметной области	ПК-3.1 Знает принципы работы и диапазоны рабочих параметров используемого научного оборудования
	ПК-3.2 Знает области и критерии применимости используемых теоретических подходов и умение оценивать точность приближенных аналитических методов вычислений
	ПК-3.3 Умеет производить оценку точности численных методов, используемых на ЭВМ, вычислительной сложности используемых алгоритмов и объема требуемых вычислительных ресурсов
ПК-4 Способен критически оценивать применимость используемых методик и методов	ПК-4.1 Знает численные порядки величин, характерных для соответствующей профессиональной области
	ПК-4.2 Знает источники происхождения и умеет производить оценку погрешности измерений и достоверности экспериментальных результатов
	ПК-4.3 Способен обосновать причинно-следственные отношения используемых понятий и моделей

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- основы систем автоматического управления (САУ) БВС.

уметь:

- анализировать и выбирать метод группового управления БВС;
- разрабатывать модель динамики полета БВС;
- решать задачи навигации и управления группой БВС.

владеть:

- средствами разработки математических моделей динамики полета БВС;
- программными средствами для решения задач навигации и разработки программно-алгоритмического обеспечения для управления полетом в составе группы.

4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

4.1. Разделы дисциплины (модуля) и трудоемкости по видам учебных занятий

№	Тема (раздел) дисциплины	Трудоемкость по видам учебных занятий, включая самостоятельную работу, час.			
		Лекции	Семинары	Лаборат. работы	Самост. работа
1	Методы и алгоритмы группового управления БВС. Преимущества и недостатки различных методов и алгоритмов.	4	4		4
2	Модель динамики полёта БВС.	4	4		3
3	Структура и параметры системы автоматического управления БВС при согласованном полете в составе группы.	4	4		4

4	Математическое описание для определения расстояний между БВС в группе и их относительных скоростей. Измерение относительного углового положения БВС при согласованном полете в составе группы. Определение взаимного положения дронов, летящих в группе. Применение фильтра Калмана.	5	5		3
5	Определение относительных скоростей БВС, летящих в группе.	3	3		4
6	Функционирование САУ БВС, летящих в группе.	2	2		4
7	Решение задач навигации при управлении группой БВС. Применение оптических, радиотехнических и иных средств.	4	4		4
8	Разработка программно-алгоритмического обеспечения для управления согласованным полетом в составе группы.	4	4		4
Итого часов		30	30		30
Подготовка к экзамену		0 час.			
Общая трудоёмкость		90 час., 2 зач.ед.			

4.2. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам)

Семестр: 8 (Весенний)

1. Методы и алгоритмы группового управления БВС. Преимущества и недостатки различных методов и алгоритмов.

Централизованные, иерархические (комбинированные) и децентрализованные системы группового управления. Структура, преимущества, недостатки, методы реализации каждой из систем.

2. Модель динамики полёта БВС.

Основы разработки математической модели динамики полета БВС. Алгоритмы, методы разработки.

3. Структура и параметры системы автоматического управления БВС при согласованном полете в составе группы.

Рассматриваются структура и параметры системы автоматического управления каждого отдельного БВС в составе группы, с учетом согласованного полета всех БВС группы.

4. Математическое описание для определения расстояний между БВС в группе и их относительных скоростей. Измерение относительного углового положения БВС при согласованном полете в составе группы. Определение взаимного положения дронов, летящих в группе. Применение фильтра Калмана.

Рассматриваются алгоритмы определения и расчёта расстояний между БВС в группе, их относительных скоростей, относительного углового положения БВС. Методы определения взаимного положения БВС, летящих в группе. Применение фильтра Калмана в вышеперечисленных расчетах.

5. Определение относительных скоростей БВС, летящих в группе.

Методы определения и расчета относительных скоростей БВС.

6. Функционирование САУ БВС, летящих в группе.

Особенности функционирования САУ БВС при групповом управлении полетом БВС.

7. Решение задач навигации при управлении группой БВС. Применение оптических, радиотехнических и иных средств.

Рассматриваются способы решения навигационных задач при управлении группой БВС, применение различных средств для определения пространственного положения БВС в группе.

8. Разработка программно-алгоритмического обеспечения для управления согласованным полетом в составе группы.

Разработка алгоритмов и программного обеспечения для управления согласованным полетом БВС в составе группы, методы коррекции управления отдельного БВС в случае его отклонения от заданной траектории полета группы.

5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

учебная аудитория, оснащенная мультимедиапроектором и экраном.

6.Перечень рекомендуемой литературы

Основная литература

1. Управление и наведение беспилотных маневренных летательных аппаратов на основе современных информационных технологий [Текст]/под ред. М. Н. Красильщикова, Г. Г. Себрякова, -М., Физматлит, 2003
2. Динамика систем управления беспилотными летательными аппаратами [Текст] : учеб. пособие для вузов / А. А. Лебелев, В. А. Карабанов ; под ред. А. А. Лебедева .— М. : Машиностроение, 1965 .— 528 с.

Дополнительная литература

1. Беспилотные летательные аппараты [Текст], пособия для технических вузов /П. М. Афонин [и др.]; под ред. Л. С. Чернобровкина. М., Машиностроение, 1967

7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)

Не используются

8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень необходимого программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

На лекционных занятиях используются мультимедийные технологии, включая демонстрацию презентаций.

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Студент, изучающий дисциплину "Управление группами БВС" должен с одной стороны, овладеть общим понятийным аппаратом, а с другой стороны, должен научиться применять теоретические знания на практике.

В результате изучения дисциплины студент должен знать основные определения, понятия, аксиомы.

Успешное освоение курса требует напряжённой самостоятельной работы студента. В программе курса приведено минимально необходимое время для работы студента над темой. Самостоятельная работа включает в себя:

- чтение и конспектирование рекомендованной литературы;
- проработку учебного материала (по конспектам лекций, учебной и научной литературе), подготовку ответов на вопросы, предназначенных для самостоятельного изучения, доказательство отдельных утверждений, свойств;
- подготовку к дифференцированному зачету.

Руководство и контроль за самостоятельной работой студента осуществляется в форме индивидуальных консультаций.

Важно добиться понимания изучаемого материала, а не механического его запоминания. При затруднении изучения отдельных тем, вопросов, следует обращаться за консультациями к лектору.

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

по направлению:	Прикладные математика и физика
профиль подготовки:	Беспилотные авиационные системы Физтех-школа авиационных и цифровых технологий кафедра технологий проектирования сложных технических систем
курс:	<u>4</u>
квалификация:	бакалавр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 8 (весенний) - Дифференцированный зачет

Разработчик: Е.А. Ильина

1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
ПК-1 Способен планировать и проводить научные эксперименты (в избранной предметной области) и (или) теоретические (аналитические и имитационные) исследования	ПК-1.1 Владеет фундаментальными понятиями, законами и теориями современной физики
	ПК-1.2 Имеет глубокое знание и понимание базовых математических дисциплин
	ПК-1.3 Владеет культурой постановки научной задачи и моделирования естественнонаучных объектов и систем
	ПК-1.4 Умеет строить математические модели для описания и исследования процессов и явлений в соответствующих научных областях
	ПК-1.5 Владеет навыками безопасной работы с современными научными приборами и другим экспериментальным оборудованием
	ПК-1.6 Знает основные правила поведения и работы в современной научной лаборатории
	ПК-1.7 Способен оценивать требуемые ресурсы (материальные и временные) для планирования и проведения научного эксперимента
	ПК-1.8 Владеет навыками работы с современными языками программирования и программными пакетами для научных расчетов
	ПК-1.9 Знает перечень ведущих периодических научных изданий и способен выделять актуальные научные публикации в профессиональной области
ПК-2 Способен анализировать полученные в ходе научно-исследовательской работы данные и делать научные выводы (заключения)	ПК-2.1 Владеет методами статистической обработки и анализа научных данных
	ПК-2.2 Умеет находить ключевые параметры, определяющие изучаемое явление, и производить численные оценки по порядку величины
	ПК-2.3 Способен представлять научные утверждения, их обоснования и доказательства, научные проблемы и их решения ясно и точно в терминах, понятных для профессиональной аудитории, в письменной и устной форме
ПК-3 Способен выбирать и применять подходящее оборудование, инструменты и методы исследований для решения задач в избранной предметной области	ПК-3.1 Знает принципы работы и диапазоны рабочих параметров используемого научного оборудования
	ПК-3.2 Знает области и критерии применимости используемых теоретических подходов и умение оценивать точность приближенных аналитических методов вычислений
	ПК-3.3 Умеет производить оценку точности численных методов, используемых на ЭВМ, вычислительной сложности используемых алгоритмов и объема требуемых вычислительных ресурсов
ПК-4 Способен критически оценивать применимость используемых методик и методов	ПК-4.1 Знает численные порядки величин, характерных для соответствующей профессиональной области
	ПК-4.2 Знает источники происхождения и умеет производить оценку погрешности измерений и достоверности экспериментальных результатов
	ПК-4.3 Способен обосновать причинно-следственные отношения используемых понятий и моделей

2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Управление группами БВС» обучающийся должен:

знать:

- основы систем автоматического управления (САУ) БВС.

уметь:

- анализировать и выбирать метод группового управления БВС;
- разрабатывать модель динамики полета БВС;
- решать задачи навигации и управления группой БВС.

владеть:

- средствами разработки математических моделей динамики полета БВС;
- программными средствами для решения задач навигации и разработки программно-алгоритмического обеспечения для управления полетом в составе группы.

3. Перечень типовых (примерных) вопросов, заданий, тем для подготовки к текущему контролю

С целью контроля освоения обучающимися учебного материала проводится устный опрос в начале занятия по теме прошлого занятия.

4. Перечень типовых (примерных) вопросов и тем для проведения промежуточной аттестации обучающихся

1. Методы и алгоритмы группового управления БВС. Преимущества и недостатки различных методов и алгоритмов.
2. Особенности построения математической модели динамики полета БВС.
3. Математическое описание для определения расстояний между БВС в группе и их относительных скоростей.
4. Измерение относительного углового положения БВС при согласованном полете в составе группы.
5. Применение фильтра Калмана в алгоритмах определения взаимного положения БВС, летящих в группе.
6. Решение задач навигации при управлении группой БВС.
7. Особенности функционирования САУ БВС, летящих в группе.
8. Методы и алгоритмы группового управления БВС. Преимущества и недостатки различных методов и алгоритмов.
9. Какие средства применяются для решения навигационных задач при управлении группой БВС.
10. Определение относительных скоростей БВС, летящих в группе.

Критерии оценивания

Оценка отлично 10 баллов - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины, проявляющему интерес к данной предметной области, продемонстрировавшему умение уверенно и творчески применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка отлично 9 баллов - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка отлично 8 баллов - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, правильное обоснование принятых решений, с некоторыми недочетами.

Оценка хорошо 7 баллов - выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но недостаточно грамотно обосновывает полученные результаты.

Оценка хорошо 6 баллов - выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач некоторые неточности.

Оценка хорошо 5 баллов - выставляется студенту, если он в основном знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач достаточно большое количество неточностей.

Оценка удовлетворительно 4 балла - выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, но при этом он освоил основные разделы учебной программы, необходимые для дальнейшего обучения, и может применять полученные знания по образцу в стандартной ситуации.

Оценка удовлетворительно 3 балла - выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, допускающему ошибки в формулировках базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, слабо владеет основными разделами учебной программы, необходимыми для дальнейшего обучения и с трудом применяет полученные знания даже в стандартной ситуации.

Оценка неудовлетворительно 2 балла - выставляется студенту, который не знает большей части основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубые ошибки в формулировках основных принципов и не умеет использовать полученные знания при решении типовых задач.

5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Во время проведения дифференцированного зачета обучающиеся могут пользоваться программой дисциплины, а также справочной литературой, вычислительной техникой, конспектами лекций.

Дифференцированный зачет может проводиться по итогам текущей успеваемости и сдачи заданий, или путем организации специального опроса, проводимого в устной форме.