

**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:	Система навигации 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

Семестры, формы промежуточной аттестации:

7 (осенний) - Дифференцированный зачет

8 (весенний) - Дифференцированный зачет

Аудиторных часов: 120 всего, в том числе:

лекции: 60 час.

семинары: 60 час.

лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 60 час.

Всего часов: 180, всего зач. ед.: 4

Программу составил: А.В. Трифонов

Программа обсуждена на заседании кафедры технологий проектирования сложных технических систем
11.03.2024

Аннотация

Дисциплина "Системы навигации БВС" предназначена для бакалавров, которые планируют работать в конструкторских бюро, занимающихся разработкой БВС. На курсе изучается состав пилотажно-навигационных систем (ПНС), устанавливаемых на БВС, их устройство, принципы функционирования, методы определения навигационных параметров, режимы работы, а также методы наземных и летных испытаний ПНС в составе БВС.

1. Цели и задачи

Цель дисциплины

- формирование у бакалавров комплексных знаний о пилотажно-навигационных системах, устанавливаемых на БВС, и методах их испытаний.

Задачи дисциплины

- изучение классификации методов навигации и систем координат;
- ознакомление с пилотажно-навигационными системами и их основными характеристиками;
- изучение устройства, принципа функционирования, структуры, состава и режимов работы пилотажно-навигационных систем;
- изучение видов и этапов испытаний ПНС, освоение методологии летных испытаний;
- изучение методов оценивания точностных характеристик ПНС;
- освоение технологии проведения наземных и летных испытаний ПНС в составе БВС.

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:

- принципы функционирования и характеристики ПНС и методы их испытаний.

уметь:

- определять потребные характеристика ПНС для конкретного БВС;
- выполнять оценку характеристик ПНС при проведении испытаний БВС.

владеть:

- технологией от подбора необходимой пилотажно-навигационной аппаратуры на этапе разработки БВС, до проведения полного цикла летных испытаний ПНС в составе БВС.

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	Классификация методов навигации и навигационных систем	5	5		5
2	Системы координат	5	5		5
3	Состав пилотажно-навигационных систем в зависимости от класса БВС	5	5		5
4	Основные характеристики ПНС	5	5		5
5	Устройство, принципы функционирования и режимы работы ПНС	5	5		5
6	Примеры пилотажно-навигационной аппаратуры, устанавливаемой на БВС	5	5		5

7	Виды и этапы испытаний ПНС. Оцениваемые параметры	5	5		5
8	Методология летных испытаний ПНС	5	5		5
9	Контрольно-записывающая аппаратура и средства определения эталонных траекторных параметров при проведении летных испытаний ПНС	5	5		5
10	Обработка материалов испытаний	5	5		5
11	Методы оценивания точностных характеристик ПНС	5	5		5
12	Методики испытаний ПНС	5	5		5
Итого часов		60	60		60
Подготовка к экзамену		0 час.			
Общая трудоёмкость		180 час., 4 зач.ед.			

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

Семестр: 7 (Осенний)

1. Классификация методов навигации и навигационных систем

Классификация методов навигации. Классификация навигационных систем. Пилотажно-навигационные комплексы.

2. Системы координат

Форма Земли. Гравитационное поле земли. Магнитное поле земли. Местные и глобальные системы координат.

3. Состав пилотажно-навигационных систем в зависимости от класса БВС

Классификация БВС. Состав пилотажно-навигационных систем БВС.

4. Основные характеристики ПНС

Характеристики ПНС и их показатели.

5. Устройство, принципы функционирования и режимы работы ПНС

Инерциальная навигационная система (в т.ч. построенная на базе классических, волоконнооптических, лазерных гироскопов и МЭМС (микроэлектромеханические системы)). спутниковая навигационная система (ГЛОНАСС, GPS, Галилео, БейДоу, дифференциальные режимы на базе наземных контрольно-корректирующих станций GBAS и с использованием геостационарных спутников SBAS, помехозащищенные антенные решетки). Система воздушных сигналов. Радиовысотомер (лазерный высотомер). Магнитный компас.

6. Примеры пилотажно-навигационной аппаратуры, устанавливаемой на БВС

Пилотажно-навигационная аппаратура, устанавливаемая на БВС, ее характеристики и состав.

Семестр: 8 (Весенний)

7. Виды и этапы испытаний ПНС. Оцениваемые параметры

Лабораторные и стендовые испытания, наземные и летные испытания на опытном БВС. Параметры ПНС подлежащие оцениванию в процессе испытаний.

8. Методология летных испытаний ПНС

Порядок организации, подготовки и проведения испытаний ПНС на БВС.

9. Контрольно-записывающая аппаратура и средства определения эталонных траекторных параметров при проведении летных испытаний ПНС

Требования к контрольно-записывающей аппаратуре. Условия выбора средств определения эталонных траекторных параметров. Виды средств определения эталонных траекторных параметров.

10. Обработка материалов испытаний

Первичная обработка материалов испытаний. Вторичная (полная) обработка материалов испытаний. Ответственность по результатам испытаний.

11. Методы оценивания точностных характеристик ПНС

Точечное и интервальное оценивание точностных характеристик. Определение точностных характеристик ПНС при погрешностях, описываемых стационарными эргодическими случайными процессами. Определение точностных характеристик ПНС при погрешностях, описываемых стационарными неэргодическими случайными процессами. Определение точностных характеристик ПНС при погрешностях, описываемых нестационарными случайными функциями.

12. Методики испытаний ПНС

Методики испытаний инерциальной навигационной системы, спутниковой навигационной системы, системы воздушных сигналов, радиовысотомера, магнитного компаса.

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

Учебная аудитория, оснащенная мультимедиапроектором и экраном.

Мультимедийный проектор и экран для проведения лекционных занятий.

6. Перечень рекомендуемой литературы

Основная литература

1. Навигационные устройства [Текст] : учеб. пособие для вузов / В. П. Селезнев ; под ред. В. А. Боднера .— М. : Оборонгиз, 1961 .— 615 с.
2. Радионавигационные устройства и системы гражданской авиации [Текст]/П. В. Олянюк, Г. П. Астафьев, В. В. Грачев , -М., Транспорт, 1983

Дополнительная литература

1. Спутниковые системы радионавигации [Текст]/Е. П. Чуров, -М., Сов. радио, 1977

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)

Для контроля и коррекции знаний, обучающиеся могут использовать компьютерное тестирование.

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

Студент, изучающий дисциплину, 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 дисциплины, уметь применять полученные знания для решения различных задач.

Успешное освоение курса требует:

- посещения всех занятий, предусмотренных учебным планом по дисциплине;
- ведения конспекта занятий;
- напряжённой самостоятельной работы студента.

Самостоятельная работа включает в себя:

- чтение рекомендованной литературы;
- проработку учебного материала, подготовку ответов на вопросы, предназначенных для самостоятельного изучения;
- решение задач, предлагаемых студентам на занятиях;
- подготовку к выполнению заданий текущей и промежуточной аттестации.

Показателем владения материалом служит умение без конспекта отвечать на вопросы по темам дисциплины.

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

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

Семестры, формы промежуточной аттестации:

- 7 (осенний) - Дифференцированный зачет
- 8 (весенний) - Дифференцированный зачет

Разработчик: А.В. Трифонов

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 «Система навигации БВС» обучающийся должен:

знать:

- принципы функционирования и характеристики ПНС и методы их испытаний.

уметь:

- определять необходимые характеристики ПНС для конкретного БВС;
- выполнять оценку характеристик ПНС при проведении испытаний БВС.

владеть:

- технологией от подбора необходимой пилотажно-навигационной аппаратуры на этапе разработки БВС, до проведения полного цикла летных испытаний ПНС в составе БВС.

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

1. Какие методы навигации существуют. Перечислите способы определения координат.
2. Какие системы координат существуют.
3. Опишите структуру спутниковых навигационных систем. На каком методе основан способ определения координат в спутниковых навигационных системах.
4. Расскажите принцип функционирования инерциальной навигационной системы.
5. Какой состав системы воздушных сигналов.
6. Расскажите принцип функционирования радиовысотомера.
7. Расскажите принцип функционирования магнитного компаса.
8. Какие существуют виды и этапы испытаний ПНС.
9. Какие требования предъявляются к контрольно-записывающей аппаратуре и средствам определения эталонных траекторных параметров.
10. Какие применяются методы для оценивания точностных характеристик ПНС.
11. Расскажите о методах испытаний ПНС.

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

Перечень контрольных вопросов для сдачи дифференцированного зачета:

1. Методы навигации и их классификация. Способы определения координат.
2. Признаки и классификация навигационных устройств.
3. Модели земной поверхности. Гравитационное и магнитное поля Земли.
4. Местные и глобальные системы координат.
5. Состав пилотажно-навигационных систем в зависимости от класса БВС. Характеристики навигационных систем.
6. Структура, построение и принципы функционирования спутниковых навигационных систем.
7. Дифференциальные режимы спутниковых навигационных систем с использованием GBAS и SBAS.
8. Устройство и принципы функционирования инерциальной навигационной системы. Методы выставки.
9. Состав и принцип функционирования системы воздушных сигналов.
10. Устройство и принцип функционирования радио- и лазерного высотомеров.
11. Принцип функционирования магнитного компаса.
12. Виды и этапы испытаний ПНС. Оцениваемые параметры.
13. Требования к контрольно-записывающей аппаратуре.
14. Условия выбора средств определения эталонных траекторных параметров. Виды средств определения эталонных траекторных параметров.
15. Точечное и интервальное оценивание точностных характеристик.
16. Определение точностных характеристик ПНС при погрешностях, описываемых стационарными эргодическими случайными процессами, стационарными неэргодическими случайными процессами и нестационарными случайными функциями.
17. Методика испытаний инерциальной навигационной системы.
18. Методика испытаний спутниковой навигационной системы.
19. Методика испытаний системы воздушных сигналов.

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.

Оценка неудовлетворительно 1 балл - выставляется студенту, который не знает основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубейшие ошибки в формулировках базовых понятий дисциплины и вообще не имеет навыков решения типовых практических 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.