

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Воронежский государственный технический университет»

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета  В.А. Небольсин
_____/_____/_____
«31» августа 2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
дисциплины (модуля)
«Основы теории радионавигационных систем и комплексов»

Специальность 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы
Направленность Радиоэлектронные системы передачи информации
Квалификация выпускника Инженер
Нормативный период обучения 5,5 лет
Форма обучения Очная
Год начала подготовки 2019 г.

Автор программы  /Федоров С.М./

Заведующий кафедрой
радиоэлектронных устройств
и систем  /Журавлёв Д.В./

Руководитель ОПОП  /Журавлёв Д.В./

Воронеж 2021

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Цели дисциплины

Цель изучения дисциплины: освоение принципов радионавигации, методов реализации радионавигационных систем и комплексов, принципов построения радионавигационных систем и комплексов. По завершению освоения данной дисциплины студент способен самостоятельно работать, принимать решения в рамках своей профессиональной деятельности, принимать и обосновывать конкретные технические решения при создании радионавигационных систем и комплексов, а также использовать информацию о новых технических решениях и новых видах навигационной аппаратуры.

1.2. Задачи освоения дисциплины

Сформировать знания, навыки и умения, позволяющие самостоятельно применять методы анализа радионавигационных систем и комплексов и отдельных их подсистем; анализировать физические процессы, происходящие в системах и устройствах радионавигационных систем и комплексов.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Основы теории радионавигационных систем и комплексов» относится к дисциплинам вариативной части блока Б.1 учебного плана.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Основы теории радионавигационных систем и комплексов» направлен на формирование следующих компетенций:

ПК-4 - способен к проведению диагностики, оценки качества и надежности в процессе эксплуатации радиоэлектронных систем и комплексов.

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
ПК-4	знать особенности эксплуатации радионавигационных систем и комплексов.
	уметь определять категории оценки качества (на надежность, безотказность, долговечность) работы радионавигационных систем и комплексов.
	владеть навыками проектирования, ремонта и обслуживания радионавигационных систем и комплексов.

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Общая трудоемкость дисциплины «Основы теории радионавигационных систем и комплексов» составляет 4 зачетные единицы.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий

Очная форма обучения

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры			
		9			
Аудиторные занятия (всего)	72	72			
В том числе:					
Лекции	36	36			
Практические занятия (ПЗ)	-	-			
Лабораторные работы (ЛР)	36	36			
Самостоятельная работа	72	72			
Курсовой проект					
Контрольная работа					
Вид промежуточной аттестации – зачет с оценкой	+	+			
Общая трудоемкость	час	144	144		
	зач. ед.	4	4		

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

5.1. Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по видам занятий

очная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Прак зан.	Лаб. зан.	СРС	Всего, час
1	Общие сведения о радионавигационных системах	Радионавигационные системы их задачи и функции. Системы координат применимые при радионавигации. Место РНС в схеме управления движущимся объектом. Информативные параметры сигнала. Принцип определения различных навигационных элементов в РНС. Метод счисления пути. Применение доплеровского измерителя скорости. Позиционный метод радионавигации. Обзорно-сравнительный метод. Тактические параметры РНУ и РНС. Технические параметры РНУ и РНС. Основные классификационные признаки РНУ и РНС: назначение; характер источника информативного сигнала; вид определяемого навигационного элемента; вид информативного параметра сигнала и степень автономности.	8	-	8	18	34
2	Дальность действия и точность РНУ и РНС	Дальность действия позиционного пассивного РНУ. Дальность действия активных РНУ с активным ответом. Дальность действия(максимальная рабочая высота) активных РНУ. Влияния условий распространения радиоволн на дальность действия и точность РНУ. Источники погрешностей местоопределения. Точность определения геометрического элемента, характеризующего положение объекта. Предельная точность радионавигационных измерений.	6	-	8	18	32
3	Спутниковые РНС	Синхронизация временных шкал. Особенности дальномерных систем. Особенности квазидальномерных систем. Особенности разностно-дальномерных систем. Особенности определения местоположения потребителя. Состав РНС. GPS, ГЛОНАСС, GALILEO, IRNSS (Индия), CNSS compass (КНР), Quasi-Zenith (Япония). Наземный командно измерительный комплекс. Подсистема потребителей. Требования к сигналам. Общие свойства сигналов. Сигналы системы GPS и ГЛОНАСС, их индивидуальные отличия. Основные функции аппаратуры потребителей. Выбор спутников. Поиск сигналов. Выделение служебной информации. Процесс первичной обработки. Навигационный процессор. Опорный генератор. Одноканальная и многоканальная аппаратура. Неточности информации о местоположении спутников. Изменение скорости распространения радиоволн в ионосфере и тропосфере. Оценка точности спутниковой РНС. Методы дифференциальных определений. Метод коррекции координат. Метод коррекции навигационных параметров. Функционирующее дифференциальное дополнение спутниковой РНС.	16	-	16	18	50
4	Наземные радионавигационные системы и	Принцип действия фазовых радиодальномеров. Однозначность отсчета дальности. Точность	6	-	4	18	28

	комплексы	измерения дальности. Принцип действия цифрового фазового радиодальномера. Амплитудный автоматический радиопеленгатор (антенна, сигналы, структурная схема, точность). Фазовый доплеровский автоматический радиопеленгатор. Антенная система автоматического радиокompаса. Амплитудный радиокompас. Обобщенная структурная схема радиокompаса. Фазовый радиокompас с амплитудной модуляцией. Фазовый радиокompас с фазовой модуляцией. Принцип определения составляющих вектора скорости. Зондирующий сигнал ДИС. Отраженный сигнал. Развязка передающего и приемного трактов. Особенности обработки сигналов. Структурная схема ДИС.					
Итого			36		36	72	144

5.2 Перечень лабораторных работ

№ п/п	Наименование лабораторной работы	Объем часов	Виды контроля
1	Лабораторная работа № 1. Определение местоположения базовых станций диапазона GSM 900	12	отчет
2	Лабораторная работа № 2. Радиомониторинг движения воздушных объектов. Технология ads-b	12	отчет
3	Лабораторная работа № 3. Изучение комплекта учебного оборудования «Системы спутниковой навигации GPS-NOTE»	12	отчет
Итого		36	

6. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ) И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

Не предусмотрено учебным планом.

7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

7.1. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

7.1.1 Этап текущего контроля

Результаты текущего контроля знаний и межсессионной аттестации оцениваются по следующей системе:

«аттестован»;

«не аттестован».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Аттестован	Не аттестован
ПК-4	знать особенности эксплуатации радионавигационных систем и комплексов.	Активная работа на при выполнение лабораторных работ	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	уметь определять категории оценки качества (на надежность, безотказность, долговечность) работы радионавигационных систем и комплексов.	Защиты выполненных лабораторных работ	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владеть навыками проектирования, ремонта и обслуживания радионавигационных систем и комплексов.	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 9 семестре для очной формы обучения:

«отлично»;

«хорошо»;

«удовлетворительно»;

«неудовлетворительно»

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Отлично	Хорошо	Удовл	Неудовл
ПК-4	знать особенности эксплуатации радионавигационных систем и комплексов.	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	уметь определять категории оценки качества (на надежность, безотказность, долговечность) работы радионавигационных систем и комплексов.	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	владеть навыками проектирования, ремонта и обслуживания радионавигационных систем и комплексов.	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов

7.2 Примерный перечень оценочных средств (типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности)

7.2.1 Примерный перечень заданий для подготовки к тестированию

1. В чем заключается основное практическое назначение спутниковых радионавигационных систем?
2. Как задается положение объекта?
3. Что представляют собой координаты в геоцентрической системе?
4. Как направлены оси геоцентрической системы координат?
5. Как задаются координаты в геодезической системе?
6. Какие существуют наиболее распространенные российские (советские) и зарубежные системы координат?
7. Какие первичные характеристики навигационных радиосигналов измеряет навигационный приемник?
8. Как определяется скорость объекта?
9. Что такое псевдодальность?
10. Что физически составляет псевдодальность?
11. Что такое навигационная задача?
12. В чем состоит геометрический смысл решения навигационной задачи?
13. Как в навигационной задаче учитывается сдвиг времени приемника?
14. Что влияет на сдвиг времени передатчиков спутников?
15. Как корректируется уход частоты генератора передатчика?
16. Какие релятивистские эффекты учитываются в сдвиге времени спутника?
17. Что такое многолучевость?
18. Как можно пытаться бороться с многолучевостью?
19. Что такое тропосфера и как она влияет на распространение радиоволн?
20. Является ли тропосфера диспергирующей средой?
21. Как в навигационной задаче корректируется влияние тропосферы?
22. Каков примерный вклад в вертикальную псевдодальность от тропосферного дополнительного запаздывания?
23. Что такое ионосфера?

Ключ

1. В определении положения и скорости объекта.
2. Тремя координатами в геодезической или геоцентрической системе координат.

3. Три проекции (X, Y, Z) вектора положения объекта в прямоугольной декартовой системе координат.

4. Ось X из центра Земли на нулевой меридиан, ось Z из центра Земли на северный полюс, ось Y из центра Земли перпендикулярно двум другим осям.

5. Широта, отсчитываемая от экватора, долгота, отсчитываемая от нулевого меридиана, высота над земным эллипсоидом или геоидом.

6. СК 42 (СССР), ПЗ 90 (Россия), WGS 84 (США).

7. Псевдодальность, фазу несущей (с точностью до произвольной аддитивной постоянной), доплеровское смещение частоты.

8. По приращениям координат от текущего измерения к предыдущему или по доплеровскому смещению частоты сигналов от трех спутников.

9. Измеренное приемником время распространения сигнала от спутника до приемника, умноженное на скорость света в вакууме.

10. Геометрическая дальность, добавка от смещения времени приемника, добавка от смещения времени передатчика спутника, добавка от дополнительного запаздывания в тропосфере, добавка от дополнительного запаздывания в ионосфере, добавка от возможной многолучевости, шум.

11. Навигационная задача состоит в определении координат объекта по данным радионавигационных сигналов спутников.

12. Если известны координаты трех спутников и времена распространения сигналов от трех спутников до объекта, то пересечение трех соответствующих сферических поверхностей дает две точки, одна из которых определяет положение объекта.

13. В решении участвуют 4 спутника, и наряду с тремя неизвестными – координатами объекта в навигационных уравнениях появляется четвертое определяемое неизвестное – сдвиг времени приемника.

14. Уход и флуктуации тактовой частоты генератора передатчика, релятивистские эффекты.

15. Поправки для расчета ухода частоты генератора передаются в навигационном сообщении системы в виде коэффициентов квадратичного полинома по времени.

16. Спутник движется со скоростью около 5 километров в час, и в соответствии со специальной теорией относительности часы на спутнике идут медленнее системного времени. В соответствии с общей теорией относительности ход часов на орбите спутника отличается от хода часов на поверхности Земли из-за разной гравитации.

17. Приход в приемник наряду с прямой радиоволной волн, отраженных от объектов окружающего ландшафта.

18. Конструированием антенн, уменьшающих прием «боковых» отражений – весьма сложная и плохо решаемая задача.

19. Нижняя (приблизительно до высоты 10 км) часть нейтральной атмосферы. При распространении радиоволн в газе их скорость незначительно меньше скорости света в вакууме.

20. Скорость распространения радиоволн в нейтральном газе не зависит от частоты, то есть тропосфера не является диспергирующей средой.

21. Используются модели тропосферы – количественные описания дополнительного запаздывания в тех или иных условиях. 22. Вертикальная добавка составляет величину около 2.4 метра.

23. Ионизованная часть верхней атмосферы Земли.

7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету

1. Системы координат, используемые в РН
2. Методы определения местоположения
3. Параметры стандартной атмосферы
4. Дальность действия РНС
5. Факторы, определяющие дальность действия РНС
6. Радионавигационное бортовое оборудование
7. Диапазоны волн, используемые в радионавигации
8. Методы измерения дальности
9. Фазовые радиодальномеры
10. Частотные радиодальномеры
11. Радиовысотомер малых высот
12. Импульсные дальномеры
13. Преобразование временного интервала в двоичное число
14. Автоматическое сопровождение по дальности
15. Дальномерные РНС
16. Гиперболические РНС
17. Доплеровские навигационные системы
18. Однолучевой доплеровский измеритель скорости
19. Многолучевые доплеровские измерители скорости
20. Измерение радиальной скорости
21. Методы измерения угловых координат
22. Фазовые измерители угловых координат

7.2.5 Примерный перечень вопросов для подготовки к экзамену

Не предусмотрено учебным планом.

7.2.6 Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации

Зачет с оценкой проводится по тест-билетам, каждый из которых содержит 30 вопросов. Каждый правильный ответ на вопрос в тесте оценивается 1 баллом. Максимальное количество набранных баллов – 30.

1. Оценка «Неудовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал менее 16 баллов.
2. Оценка «Удовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал от 16 до 20 баллов.

3. Оценка «Хорошо» ставится в случае, если студент набрал от 21 до 25 баллов.
4. Оценка «Отлично» ставится, если студент набрал от 26 до 30 баллов.

7.2.7 Паспорт оценочных материалов

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Наименование оценочного средства
1	Общие сведения о радионавигационных системах	ПК-4	Тест, зачет, устный опрос
2	Дальность действия и точность РНУ и РНС	ПК-4	Тест, зачет, устный опрос
3	Спутниковые РНС	ПК-4	Тест, зачет, устный опрос
4	Наземные радионавигационные системы и комплексы	ПК-4	Тест, зачет, устный опрос

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

Тестирование осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных тест-заданий на бумажном носителе. Время тестирования 30 мин. Затем осуществляется проверка теста экзаменатором и выставляется оценка согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

8 УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

1. Общая теория радиолокации и радионавигации. Распространение радиоволн [Электронный ресурс]: учебник/ А.Н. Фомин [и др.].— Электрон. текстовые данные.— Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2017.— 318 с. URL: <http://www.iprbookshop.ru/84268.html>
2. Радиотехнические системы: Учебник под ред. Ю. М. Казаринова — Москва: Высшая школа, 1990. — 496 с.
3. Методические указания к лабораторным работам по дисциплине "Основы теории радионавигационных систем и комплексов" для студентов специальности 210601 "Радиоэлектронные системы и комплексы" очной формы обучения [Электронный ресурс] / Каф. систем информационной безопасности; Сост. Н. М. Тихомиров. - Электрон. текстовые, граф. дан. (822 Кб). -

Воронеж: ФГБОУ ВПО "Воронежский государственный технический университет", 2011.

8.2 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень лицензионного программного обеспечения, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем

Microsoft Word, Microsoft Excel, Internet Explorer.

9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

Для проведения лекционных занятий необходима аудитория, оснащенная плакатами и пособиями по профилю.

Навигатор и персональный компьютер в ауд. 313/4.

10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

По дисциплине «Основы теории радионавигационных систем и комплексов» читаются лекции и проводятся лабораторные работы.

Основой изучения дисциплины являются лекции, на которых излагаются наиболее существенные и трудные вопросы, а также вопросы, не нашедшие отражения в учебной литературе.

Лабораторные работы направлены на приобретение практических навыков расчета инженерных систем радионавигации, подбора основного и вспомогательного оборудования. Занятия проводятся путем решения конкретных задач на лабораторном оборудовании.

Большое значение по закреплению и совершенствованию знаний имеет самостоятельная работа студентов. Информацию обо всех видах самостоятельной работы студенты получают на занятиях.

Контроль усвоения материала дисциплины производится проверкой отчетов и защите лабораторных работ. Освоение дисциплины оценивается на зачете.

Вид учебных занятий	Деятельность студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; помечать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначение вопросов, терминов, материала, которые вызывают трудности, поиск ответов в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на лекции или на практическом занятии.
Лабораторные работы	Конспектирование рекомендуемых источников. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы.
Подготовка к дифференцированному зачету	При подготовке к зачету необходимо ориентироваться на конспекты лекций, рекомендуемую литературу и выполненные лабораторные работы.