

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"
Институт физики



подписано электронно-цифровой подписью

Программа дисциплины

Введение в спутниковые радионавигационные системы Б1.В.ДВ.8

Направление подготовки: 03.03.03 - Радиофизика

Профиль подготовки: Радиофизические методы по областям применения (Радиофизические измерения)

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Автор(ы):

Насыров И.А.

Рецензент(ы):

Гумеров Р.И.

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий(ая) кафедрой: Овчинников М. Н.

Протокол заседания кафедры No _____ от "_____" _____ 201__ г

Учебно-методическая комиссия Института физики:

Протокол заседания УМК No _____ от "_____" _____ 201__ г

Регистрационный No 674219

Казань
2019

Содержание

1. Цели освоения дисциплины
2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля
4. Структура и содержание дисциплины/ модуля
5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения
6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов
7. Литература
8. Интернет-ресурсы
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины/модуля согласно утвержденному учебному плану

Программу дисциплины разработал(а)(и) доцент, к.н. (доцент) Насыров И.А. Кафедра радиоэлектроники Отделение радиофизики и информационных систем , Igor.Nasyrov@kpfu.ru

1. Цели освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины (модуля) Введение в спутниковые радионавигационные системы является изучение принципов построения и функционирования глобальных спутниковых радионавигационных систем (СРНС). Рассматриваются: общие характеристики систем связи с шумоподобными сигналами; передача и прием дискретных сообщений; вопросы автокорреляционной обработки сигналов с большой базой; распространение электромагнитных волн в ионосфере и тропосфере Земли.

2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы высшего профессионального образования

Данная учебная дисциплина включена в раздел "Б1.В.ДВ.8 Дисциплины (модули)" основной образовательной программы 03.03.03 Радиофизика и относится к дисциплинам по выбору. Осваивается на 4 курсе, 8 семестр.

Для освоения содержания дисциплины необходимы знания по следующим курсам: "Основы теории колебаний", "Физика волновых процессов", "Распространение электромагнитных волн", "Статистическая радиофизика".

Курс предназначен для студентов 4 курса, 8 семестр

Б3.ДВ.3 профессиональный цикл

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОК-12 (общекультурные компетенции)	способность к правильному использованию общенаучной и специальной терминологии
ОК-14 (общекультурные компетенции)	способность к овладению базовыми знаниями в области информатики и современных информационных технологий, программными средствами и навыками работы в компьютерных сетях, использованию баз данных и ресурсов Интернет
ОК-15 (общекультурные компетенции)	способность получить организационно-управленческие навыки
ОК-16 (общекультурные компетенции)	способность овладения основными методами защиты производственного персонала и населения от возможных последствий аварий, катастроф, стихийных бедствий
ПК-2 (профессиональные компетенции)	способность применять на практике базовые профессиональные навыки
ПК-3 (профессиональные компетенции)	способность понимать принципы работы и методы эксплуатации современной радиоэлектронной и оптической аппаратуры и оборудования
ПК-4 (профессиональные компетенции)	способность использовать основные методы радиофизических измерений

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ПК-5 (профессиональные компетенции)	способность к владению компьютером на уровне опытного пользователя, применению информационных технологий для решения задач в области радиотехники, радиоэлектроники и радиоп физики (в соответствии с профилизацией)
ПК-6 (профессиональные компетенции)	способность к профессиональному развитию и саморазвитию в области радиоп физики и электроники

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

теоретические основы определения координат с помощью глобальных навигационных спутниковых систем;

принципы местоопределения на основе использованием глобальных спутниковых радионавигационных систем. Роль и основные типы широкополосных сигналов в этих системах. Основные принципы распространения широкополосных радиосигналов в диспергирующих средах. Ознакомиться с основами теории цифровой связи и методами передачи непрерывных сообщений по цифровым каналам связи, принципами эффективного и помехоустойчивого кодирования;

2. должен уметь:

применить законы геометрической оптики для расчета местоположения объекта; решать навигационную задачу используя данные приемников радиосигналов от СРНС.

3. должен владеть:

теоретическими основами определения координат с помощью глобальных навигационных спутниковых систем;

4. должен демонстрировать способность и готовность:

работы с современными методами и методиками построения региональных и глобальных информационных систем.

4. Структура и содержание дисциплины/ модуля

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных(ые) единиц(ы) 72 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины: зачет в 8 семестре.

Суммарно по дисциплине можно получить 100 баллов, из них текущая работа оценивается в 50 баллов, итоговая форма контроля - в 50 баллов. Минимальное количество для допуска к зачету 28 баллов.

86 баллов и более - "отлично" (отл.);

71-85 баллов - "хорошо" (хор.);

55-70 баллов - "удовлетворительно" (удов.);

54 балла и менее - "неудовлетворительно" (неуд.).

4.1 Структура и содержание аудиторной работы по дисциплине/ модулю

Тематический план дисциплины/модуля

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
1.	Тема 1. Сигналы глобальных навигационных спутниковых систем. Краткие сведения из теории. Относительная фазовая манипуляция. Псевдослучайный код.	8	1-4	0	0	8	Устный опрос
2.	Тема 2. Преобразование координат. Краткие сведения из теории. Система координат ПЗ-90. Система координат WGS-84.	8	5-6	0	0	6	Устный опрос
3.	Тема 3. Синхронизация шкал времени в глобальных навигационных спутниковых системах.	8	7	0	0	4	Устный опрос
4.	Тема 4. Орбитальное движение навигационных спутников.	8	8-14	0	0	12	Устный опрос
5.	Тема 5. Решение навигационной задачи.	8	15	0	0	4	Устный опрос
6.	Тема 6. Аппаратно независимый формат обмена навигационными данными RINEX.	8	16-18	0	0	8	
	Тема . Итоговая форма контроля	8		0	0	0	Зачет
	Итого			0	0	42	

4.2 Содержание дисциплины

Тема 1. Сигналы глобальных навигационных спутниковых систем. Краткие сведения из теории. Относительная фазовая манипуляция. Псевдослучайный код.

лабораторная работа (8 часа(ов)):

Краткие сведения из теории. Относительная фазовая манипуляция. Псевдослучайный код. Лабораторная работа ♦1: ?Псевдослучайный код спутников ГЛОНАСС?. Лабораторная работа ♦2: ?Псевдослучайный код спутников GPS?.

Тема 2. Преобразование координат. Краткие сведения из теории. Система координат ПЗ-90. Система координат WGS-84.

лабораторная работа (6 часа(ов)):

Краткие сведения из теории. Система координат ПЗ-90. Система координат WGS-84.
Лабораторная работа ♦3: ?Преобразование координат?

Тема 3. Синхронизация шкал времени в глобальных навигационных спутниковых системах.

лабораторная работа (4 часа(ов)):

Краткие сведения из теории. Среднее звёздное время. Атомная шкала времени. Мировое время. Мировое координированное время. Лабораторная работа ♦4: ?Время в спутниковых радионавигационных системах?.

Тема 4. Орбитальное движение навигационных спутников.

лабораторная работа (12 часа(ов)):

Краткие сведения из теории. Орбитальное движение спутников GPS. Законы Кеплера. Орбитальное движение спутников ГЛОНАСС. Решение системы обыкновенных дифференциальных уравнений численными методами. Лабораторная работа ♦5: ?Орбитальное движение спутников GPS?. Лабораторная работа ♦6: ?Наблюдение спутников GPS?. Лабораторная работа ♦7: ?Решение системы обыкновенных дифференциальных уравнений?. Лабораторная работа ♦8: ?Орбитальное движение спутников ГЛОНАСС?. Лабораторная работа ♦9 ?Модель движения и визуализация спутников ГЛОНАСС и GPS?. Лабораторная работа ♦10: ?Орбиты спутников ГЛОНАСС, GPS?

Тема 5. Решение навигационной задачи.

лабораторная работа (4 часа(ов)):

Краткие сведения из теории. Лабораторная работа ♦11: ?Решение навигационной задачи?

Тема 6. Аппаратно независимый формат обмена навигационными данными RINEX.

лабораторная работа (8 часа(ов)):

Лабораторная работа ♦ 12: ?Навигационные файлы RINEX для GPS?. Лабораторная работа ♦13: ?Навигационные файлы RINEX для ГЛОНАСС?. Лабораторная работа ♦ 14: ?Навигационные файлы для RINEX для геостационарных спутников?.

4.3 Структура и содержание самостоятельной работы дисциплины (модуля)

N	Раздел Дисциплины	Се-местр	Неде-ля семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудо-емкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
1.	Тема 1. Сигналы глобальных навигационных спутниковых систем. Краткие сведения из теории. Относительная фазовая манипуляция. Псевдослучайный код.	8	1-4	подготовка к устному опросу	2	устный опрос

N	Раздел Дисциплины	Се-местр	Неде-ля семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудо-емкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
2.	Тема 2. Преобразование координат. Краткие сведения из теории. Система координат ПЗ-90. Система координат WGS-84.	8	5-6	подготовка к устному опросу	8	устный опрос
3.	Тема 3. Синхронизация шкал времени в глобальных навигационных спутниковых системах.	8	7	подготовка к устному опросу	6	устный опрос
4.	Тема 4. Орбитальное движение навигационных спутников.	8	8-14	подготовка к устному опросу	12	устный опрос
5.	Тема 5. Решение навигационной задачи.	8	15	подготовка к устному опросу	2	устный опрос
	Итого				30	

5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения

Используются такие интерактивные формы обучения как обсуждение теоретических вопросов, проведение блиц-опросов, применение роли экспертов для студентов.

6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

Тема 1. Сигналы глобальных навигационных спутниковых систем. Краткие сведения из теории. Относительная фазовая манипуляция. Псевдослучайный код.

устный опрос , примерные вопросы:

Сигналы глобальных навигационных спутниковых систем. Краткие сведения из теории. Относительная фазовая манипуляция. Псевдослучайный код. Результаты выполнения Лабораторных работ ♦1 и ♦2

Тема 2. Преобразование координат. Краткие сведения из теории. Система координат ПЗ-90. Система координат WGS-84.

устный опрос , примерные вопросы:

Преобразование координат. Краткие сведения из теории. Система координат ПЗ-90. Система координат WGS-84. Результаты выполнения Лабораторной работы ♦3.

Тема 3. Синхронизация шкал времени в глобальных навигационных спутниковых системах.

устный опрос , примерные вопросы:

Среднее звёздное время. Атомная шкала времени. Мировое время. Мировое координированное время. Результаты выполнения Лабораторной работы ♦4.

Тема 4. Орбитальное движение навигационных спутников.

устный опрос , примерные вопросы:

Орбитальное движение спутников GPS. Законы Кеплера. Орбитальное движение спутников ГЛОНАСС. Решение системы обыкновенных дифференциальных уравнений численными методами. Результаты выполнения Лабораторных работ ♦5 - ♦10.

Тема 5. Решение навигационной задачи.

устный опрос , примерные вопросы:

Краткие сведения из теории. Результаты выполнения Лабораторной работы ♦11.

Тема 6. Аппаратно независимый формат обмена навигационными данными RINEX.

Итоговая форма контроля

зачет (в 8 семестре)

Примерные вопросы к зачету:

ВОПРОСЫ К ЛАБОРАТОРНЫМ РАБОТАМ

Лабораторная работа ♦1: "Псевдослучайный код спутников ГЛОНАСС".

Лабораторная работа ♦2: "Псевдослучайный код спутников GPS".

1. Запишите математическую процедуру "сложение по модулю 2".
2. При каких условиях "сложение по модулю 2" можно заменить умножением?
3. Что такое псевдослучайный сигнал?
4. Есть ли разница между псевдослучайным сигналом и M- последовательностью?
5. Для чего кодируются сигналы навигационных спутников?
6. Запишите образующий полином для сигналов спутников ГЛОНАСС.
7. Запишите образующие полиномы для сигналов спутников GPS.
8. Какая связь между регистрами сдвига, формирующими коды сигналов спутников и образующими полиномами?
9. Опишите механизм формирования псевдослучайного кода спутников GPS.
10. Опишите механизм формирования M- последовательности спутников ГЛОНАСС.
11. Что обозначает понятие кодовое разделение сигналов?
12. Как идентифицируются спутники GPS?
13. Как идентифицируются спутники ГЛОНАСС?
14. Как понимать термин "отношение сигнал/шум"?
15. Опишите параметры функции корреляции.

Лабораторная работа ♦3: "Преобразование координат"

1. Какие системы координат применяются в спутниковых радионавигационных системах?
2. Какая разница между геоцентрическими и геодезическими координатами?
3. Что обозначают понятия правая и левая системы координат?
4. Что обозначают понятия подвижная и неподвижная системы координат?
5. Запишите в аналитическом виде формулы перехода из пространственной эллипсоидной географической системы в геоцентрическую фиксированную систему (ECEF).
6. Дайте определение пространственной эллипсоидной географической системе координат (центр, широта, долгота, высота).
7. Как определяются эллипсоид, геоид?
8. Сформулируйте определение системы координат, имеющей международное обозначение ECEF.

9. Сформулируйте определение системе координат, имеющей международное обозначение ECI.
10. Дайте определение топоцентрической системе координат (цент, направления осей).
11. Дайте определение системе координат WGS 84 (цент, направления осей, параметры эллипсоида, в каких спутниковых радионавигационных системах является опорной).
12. Дайте определение системе координат ПЗ 90 (цент, направления осей, параметры эллипсоида, в каких спутниковых радионавигационных системах является опорной).
13. Объясните понятие "прямая видимость".
14. Запишите формулу перевода градусов, минут, секунд в градусы, радианы; составьте программу в виде m- файла и убедитесь в правильности работы программы.
15. Запишите формулу перевода радиан в градусы, минуты, секунды; в градусы. Составьте программу в виде m- файла и убедитесь в правильности работы программы.

Лабораторная работа ♦4: "Время в спутниковых радионавигационных системах"

1. Что понимается под терминами звездное время, истинное звездное время, среднее звездное время, время на гринвичском меридиане ?
2. В каких спутниковых радионавигационных системах и для чего применяется юлиан-ский день?
3. Назовите основные фундаментальные эпохи, используемые в спутниковой радионавигации.
4. Какие единицы измерения времени применяются в GPS?
5. Какие единицы измерения времени применяются в ГЛОНАСС?
6. Какие единицы измерения времени применяются в EGNOS?
7. Какие единицы измерения времени применяются в GALILEO?
8. Что в GPS обозначает дата с 5. 01. 80 на 6. 01. 80?
9. На сколько секунд системное время GPS опережает время UTC?
10. Какой смысл в ГЛОНАСС вкладывается в определение "московское декретное время"?
11. Что такое универсальное всемирное время?
12. Что такое атомное время?
13. Напишите формулу, связывающую время ГЛОНАСС и время UTC.
14. Объясните физический смысл нутации.
15. Как изменяется время GPS в течение недели.
16. Как изменяется время ГЛОНАСС в течение суток.

Лабораторная работа ♦5: "Орбитальное движение спутников GPS"

1. Объясните зависимость изменения доплеровской частоты при движении спутника по орбите.
2. Объясните зависимость изменения дальности до спутника от времени для неподвижного наблюдателя.
3. Для каких целей используются данные альманаха в спутниковых навигационных приемниках.
4. Запишите уравнение для расчета дальностей до спутников и найдите это уравнение в текстах программ.
5. С помощью какого фрагмента программного комплекса рассчитываются углы видимости и азимута спутников?

Лабораторная работа ♦6: "Наблюдение спутников GPS"

1. Рассчитайте, сколько времени спутник GPS находится в зоне видимости неподвижного наблюдателя?
2. В каких пределах изменяется угол видимости спутника?
3. В каких пределах изменяется азимут спутника?
4. Сколько спутников GPS могут одновременно находиться в зоне видимости?

Лабораторная работа ♦7: "Решение системы обыкновенных дифференциальных уравнений"

1. Для каких целей требуется размножить координаты и скорости навигационных спутников?
2. Какие параметры являются начальными условиями при решении системы дифференциальных уравнений орбитального движения спутников ГЛОНАСС ?
3. В какой системе координат передаются данные о координатах и скорости в спутниковой системе ГЛОНАСС?
4. В какой системе координат решаются дифференциальные уравнения орбитального движения спутников ГЛОНАСС?

Лабораторная работа ♦8: "Орбитальное движение спутников ГЛОНАСС"

1. Объясните, какой смысл вкладывается в содержание составляющих альманаха ГЛОНАСС: поправка к шкале времени ГЛОНАСС относительно UTC(SU), номер четырех-летнего периода, поправка на расхождение системных шкал времени GPS и ГЛОНАСС, календарный номер суток внутри четырехлетнего периода, номер спутника, номер несущей частоты, долгота восходящего узла орбиты спутника, время прохождения восходящего узла орбиты спутника, поправка к среднему значению наклона орбиты спутника, поправка к среднему значению драконического периода обращения спутника, скорость изменения драконического периода обращения спутника, эксцентриситет орбиты спутника, аргумент перигея орбиты спутника, признак состояния спутника.
2. Какая размерность данных передаваемых со спутника ГЛОНАСС в альманахе?
3. В какой системе координат передаются данные со спутника ГЛОНАСС.

Лабораторная работа ♦9 "Модель движения и визуализация спутников ГЛОНАСС и GPS"

1. Чему равен период обращения спутников GPS?.
2. Чему равен период обращения спутников ГЛОНАСС?
3. Применяя второй закон Кеплера и данные альманаха определите периоды обращения спутников GPS и спутников ГЛОНАСС.

Лабораторная работа ♦10: "Орбиты спутников ГЛОНАСС, GPS"

Подготовьте сравнительную характеристику спутниковых радионавигационных систем GPS, ГЛОНАСС,

Лабораторная работа ♦11: "Решение навигационной задачи"

1. Какие входные данные требуются для решения навигационной задачи?
2. Какое минимальное количество навигационных спутников одного созвездия требуется для решения навигационной задачи?.
3. Какое минимальное количество навигационных спутников двух созвездий требуется для решения навигационной задачи?.
4. Каким образом определяется псевдодалность до навигационного спутника?
5. Почему при увеличении псевдодалностей до спутников, принимающих участие в навигационной задаче, на одну и ту же величину позиция координат не изменяется?
6. Как определяется пространственный геометрический фактор (PDOP)?
7. Какие начальные условия могут быть при решении навигационной задачи?

Лабораторная работа ♦ 12: "Навигационные файлы RINEX для GPS"

1. Номера спутников
2. Последовательность записей заголовка
3. Пропущенные значения и изменение заданных значений
4. Записи флага событий
5. Сдвиг часов приемника

Лабораторная работа ♦13: "Навигационные файлы RINEX для ГЛОНАСС"

1. Идентификатор системы времени
2. Определение псевдодалности

3. Более чем 12 спутников в эпоху
4. Навигационные файлы RINEX для ГЛОНАСС

Лабораторная работа ♦ 14: "Навигационные файлы для RINEX для геостационарных спутников"

1. RINEX файлы наблюдений для GEO спутников
2. Файлы навигационных сообщений RINEX для геостационарных спутников

7.1. Основная литература:

1. Насыров И.А. Введение в современные спутниковые радионавигационные системы. Часть 1. Общие принципы, современное состояние, перспективы развития. Учебное пособие. - Казань, КГУ. - 2005 г. - 43 стр. - Режим доступа: http://kpfu.ru/docs/F375439882/gnss_Nasyrov.pdf
2. Тяпкин, В. Н. Методы определения навигационных параметров подвижных средств с использованием спутниковой радионавигационной системы ГЛОНАСС [Электронный ресурс] : монография / В. Н. Тяпкин, Е. Н. Гарин. - Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2012. - 260 с. - ISBN 978-5-7638-2639-5. - Режим доступа: <http://znanium.com/bookread.php?book=442662>
3. Ботов, М. И. Введение в теорию радиолокационных систем [Электронный ресурс] : монография / М. И. Ботов, В. А. Вяхирев, В. В. Девогач; ред. М. И. Ботов. - Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2012. - 394 с. - ISBN 978-5-7638-2740-8. - Режим доступа: <http://znanium.com/bookread.php?book=492976>

7.2. Дополнительная литература:

1. Бердышев, В. П. Радиолокационные системы [Электронный ресурс] : учебник / В. П. Бердышев, Е. Н. Гарин, А. Н. Фомин [и др.]; под общ. ред. В. П. Бердышева. - Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2011. - 400 с. - ISBN 978-5-7638 2479-7. - Режим доступа: <http://znanium.com/bookread.php?book=442536>
2. Аверченков, В. И. Системы защиты информации в ведущих зарубежных странах [электронный ресурс] : учеб. пособие для вузов / В. И. Аверченков, М. Ю. Рытов, Г. В. Кондрашин, М. В. Рудановский. - 3-е изд., стереотип. - М. : ФЛИНТА, 2011. - 224 с. - ISBN 978-5-9765-1274-0. - Режим доступа: <http://znanium.com/bookread.php?book=453884>

7.3. Интернет-ресурсы:

Глобальные Навигационные Спутниковые Системы - http://gps-club.ru/gps_think/detail.php?ID=20187

ГЛОНАСС (GLONASS) - Глобальные навигационные спутниковые системы - общие технические параметры - <http://glonass-gps.blogspot.ru/>

ГОСТ Р 54459-2011 Глобальные навигационные спутниковые системы. Системы дифференциальной коррекции. Общие технические требования - <http://docs.pravo.ru/document/view/26526459/26449619/>

Обзор глобальных навигационных систем - <http://www.vspcenter.ru/glonass/system/>

Спутниковая система навигации ? Википедия -

<http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%BF%D1%83%D1%82%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%BE%>

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины(модуля)

Освоение дисциплины "Введение в спутниковые радионавигационные системы" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Перечень материально-технического обеспечения включает в себя:

- лабораторный практикум по вопросам спутниковых радионавигационных систем в виде открытых программных комплексов в среде MatLab. Лабораторный практикум в виде 16 работ с заданиями, примерами и контрольными вопросами охватывает направления формирования сигналов спутниковых навигационных систем GPS и ГЛОНАСС, преобразования координат, моделирование орбит навигационных спутников GPS, ГЛОНАСС, декодирования и расшифровка данных навигационных спутников, решение навигационной задачи расчета позиции приемника пользователя.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 03.03.03 "Радиофизика" и профилю подготовки Радиофизические методы по областям применения (Радиофизические измерения) .

Автор(ы):

Насыров И.А. _____

"__" _____ 201__ г.

Рецензент(ы):

Гумеров Р.И. _____

"__" _____ 201__ г.