

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

УТВЕРЖДЕНО
Директор физтех-школы
аэрокосмических технологий
С.С. Негодяев

	Рабочая программа дисциплины (модуля)
по дисциплине:	Теоретические основы спутниковых навигационных систем
по направлению:	Прикладные математика и физика
профиль подготовки:	Космические технологии Физтех-школа Аэрокосмических Технологий кафедра космического приборостроения
курс:	1
квалификация:	магистр

Семестры, формы промежуточной аттестации:

1 (осенний) - Экзамен

2 (весенний) - Дифференцированный зачет

Аудиторных часов: 60 всего, в том числе:

лекции: 15 час.

семинары: 45 час.

лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 45 час.

Подготовка к экзамену: 30 час.

Всего часов: 135, всего зач. ед.: 3

Программу составил: В.Е. Вовасов, канд. техн. наук

Программа обсуждена на заседании кафедры космического приборостроения 18.06.2020

Аннотация

В курсе рассматриваются основные понятия и методы навигационно-временных определений. Приведен исторический очерк развития систем навигации и навигационной аппаратуры потребителей вплоть до создания глобальных навигационных спутниковых систем (СРНС). Приведена структура систем ГЛОНАСС, GPS, Galileo. Рассматриваются источники погрешностей навигационно-временных определений, к которым относятся погрешности формирования бортовой шкалы времени, тропосферные погрешности, ионосферные погрешности, погрешности многолучевости и т.д., а так же способы компенсации этих погрешностей. Большое внимание уделено алгоритмам первичной обработки сигналов ГНСС, а именно поиску и обнаружению сигналов; слежению за задержкой, фазой и частотой сигнала и выделению навигационного сообщения в аппаратуре потребителя. Приведена элементная база цифровой обработки сигналов в аппаратуре потребителя. Уделено значительное внимание алгоритмам вторичной обработки. Значительное место отведено обучению применения технологий спутниковой навигации для решения прикладных народнохозяйственных и оборонных задач. Рассматриваются интегрированные комплексы навигации ЛА, системы высокоточной навигации, основанные на применении спутниковых технологий, системы УВД и посадки гражданской авиации, системы мониторинга подвижных объектов, применение спутниковой навигации в геодезии и сельском хозяйстве.

1. Цели и задачи

Цель дисциплины

- изучение теоретических основ построения, эксплуатации и применения спутниковых навигационных систем.

Задачи дисциплины

- изучение принципов построения систем и аппаратуры потребителей спутниковой навигации, функциональных дополнений систем спутниковой навигации;
- овладение современными методами навигационно-временных определений (НВО) и обработки сигналов в спутниковых радионавигационных системах;
- обучение применению технологий спутниковой навигации для решения прикладных народнохозяйственных и оборонных задач.

2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
ОПК-3 Способен выбирать и (или) разрабатывать подходы к решению типовых и новых задач в области профессиональной деятельности, учитывая особенности и ограничения различных методов решения	ОПК-3.1 Способен анализировать задачу, планировать пути решения, предлагать и комбинировать способы решения
	ОПК-3.2 Способен использовать исследовательские методы при решении новых задач, применяя знания в различных областях науки (техники)
	ОПК-3.3 Владеет аналитическими и вычислительными методами решения, понимает и учитывает на практике границы применимости получаемых решений
ПК-1 Способен ставить, формализовывать и решать задачи, в том числе разрабатывать и исследовать математические модели изучаемых явлений и процессов, системно анализировать научные проблемы, получать новые научные результаты	ПК-1.1 Способен находить, анализировать и обобщать информацию об актуальных результатах исследований в рамках тематической области своей профессиональной деятельности
	ПК-1.2 Способен выдвигать гипотезы, строить математические модели для описания изучаемых явлений и процессов, оценивать качество разработанной модели
	ПК-1.3 Способен применять теоретические и (или) экспериментальные методы исследований к конкретной научной задаче и интерпретировать полученные результаты

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- перспективы развития спутниковых систем радионавигации авиационно-космических радиоэлектронных систем навигации (СРНС) и навигационную аппаратуру потребителя (НАП) СРНС;
- теоретические основы построения и функционирования СРНС и НАП;
- современные и перспективные методы НВО, формирования и обработки сигналов, используемых в СРНС;
- теоретические основы функционирования НАП СРНС в составе комплексов радиоэлектронных систем навигации, управления и мониторинга;
- возможности применения технологий спутниковой навигации для решения прикладных народнохозяйственных и оборонных задач.

уметь:

- применять современные методы НВО, формирования и обработки сигналов для разработки элементов СРНС и НАП;
- использовать технологии спутниковой навигации при разработке радиоэлектронных комплексов навигации, управления и мониторинга.

владеть:

- навыками освоения большого объема информации;
- навыками самостоятельной работы в Интернете;
- культурой постановки и моделирования физических задач;
- навыками теоретического анализа реальных задач, связанных с использованием СРНС.

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	Предмет и задачи дисциплины.	1	1		7
2	Временное и координатное обеспечение СРНС.	1	2		2
3	Методы НВО в СРНС.	1	2		2
4	Систематические погрешности НВО.	2	2		5
5	Байесовский подход к решению задач НВО.	2	4		2
6	Алгоритмы НВО, основанные на теории фильтрации марковских процессов.	2	4		2
7	Спутниковая навигационная система ГЛОНАСС.	3			5
8	Спутниковая навигационная система GPS.	3			5
9	Спутниковая навигационная система GALILEO.		4		1
10	Реализация радиоприемных устройств аппаратуры потребителя.		4		1
11	Реализация первичной обработки сигналов в приемниках СРНС.		4		1
12	Реализация алгоритмов вторичной обработки в аппаратуре потребителя.		4		1

13	Проблема помехозащищенности аппаратуры потребителя СРНС.		4		1
14	Дифференциальные методы в СРНС.		2		2
15	Высокоточные навигационно-временные определения.		2		2
16	Повышение достоверности НВО в СРНС.		2		2
17	Специальное применение СРНС.		2		2
18	Применение технологий СРНС в народном хозяйстве.		2		2
Итого часов		15	45		45
Подготовка к экзамену		30 час.			
Общая трудоёмкость		135 час., 3 зач.ед.			

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

Семестр: 1 (Осенний)

1. Предмет и задачи дисциплины.

Общие задачи навигации и спутниковой навигации. Роль радионавигации в решении народнохозяйственных и оборонных задач. Исторический очерк развития систем навигации и навигационной аппаратуры потребителей. Навигационные системы координат. Шкалы времени. Навигационные элементы. Методы решения навигационных задач. Методы и средства измерения навигационных параметров. Классификация навигационных систем и навигационной аппаратуры потребителя. Общая структура СРНС и функциональных дополнений. Характеристики движения навигационных спутников. Общие подходы к формированию сигналов в СРНС.

2. Временное и координатное обеспечение СРНС.

Единицы мер времени. Системы отсчета времени, используемые в СРНС. Синхронизация шкал времени. Понятие сигнального времени. Системы координат, используемые в СРНС.

3. Методы НВО в СРНС.

Дальномерный, псевдодальномерный, разностно-дальномерный метод навигационных определений. Доплеровский, псевдодоплеровский и разностнодоплеровский методы. Навигационный алгоритм на основе одномоментных измерений. Точность НВО, геометрический фактор.

4. Систематические погрешности НВО.

Погрешности формирования бортовой шкалы времени Тропосферные погрешности. Ионосферные погрешности. Погрешности многолучевости. Способы компенсации систематических ошибок.

5. Байесовский подход к решению задач НВО.

Методы фильтрации марковских процессов. Нелинейная фильтрация. Линейная фильтрация Калмана-Бьюси. Марковские модели динамики потребителя и часов навигационной аппаратуры потребителя.

6. Алгоритмы НВО, основанные на теории фильтрации марковских процессов.

Одноэтапный алгоритм НВО в СРНС. Потенциальная точность НВО. Двухэтапные алгоритмы НВО в СРНС. Реализация следящих схем слежения за задержкой и фазой сигнала на основе алгоритмов фильтрации марковских процессов. Объединенные алгоритмы синхронизации. Выделение дискретного параметра сигнала. Реализация алгоритмов вторичной обработки радионавигационных параметров на основе метода наименьших квадратов и фильтра Калмана-Бьюси. Сравнение дальномерного, псевдодальномерного и разностно-дальномерного методов НВО.

7. Спутниковая навигационная система ГЛОНАСС.

Орбитальная группировка. Наземный сегмент, эфемеридное обеспечение. Частотно-временное обеспечение, навигационные сообщения ГЛОНАСС. Структура действующих и перспективных сигналов в СРНС. Расчет координат навигационного спутника по оперативной и неоперативной информации Перспективы развития СРНС ГЛОНАСС.

8. Спутниковая навигационная система GPS.

Орбитальная группировка. Наземный сегмент, эфемеридное обеспечение. Частотно-временное обеспечение, навигационные сообщения GPS. Структура действующих и перспективных сигналов GPS. Расчет координат навигационного спутника по оперативной и неоперативной информации Перспективы развития GPS.

Семестр: 2 (Весенний)

9. Спутниковая навигационная система GALILEO.

Орбитальная группировка; наземный сегмент, эфемеридное и частотно-временное обеспечение, навигационные сообщения GALILEO. Структура сигналов.

10. Реализация радиоприемных устройств аппаратуры потребителя.

Характеристика радиолинии космический аппарат – потребитель. Антенно-фидерные устройства навигационных приемников. Построение высокочастотной части приемников. Аналого-цифровые преобразователи. Формирование статистик для НВО, многоканальные корреляторы НАП. Элементная база, применяемая в радиоприемных устройствах НАП.

11. Реализация первичной обработка сигналов в приемниках СРНС.

Поиск и обнаружение сигналов; слежение за задержкой, фазой и частотой сигнала и выделения навигационного сообщения в аппаратуре потребителя. Элементная база цифровой обработки сигналов НАП.

12. Реализация алгоритмов вторичной обработки в аппаратуре потребителя.

Алгоритмы одномоментных и фильтрационных решений. Построения совмещенной аппаратуры СРНС ГЛОНАСС, GPS и Галилео.

13. Проблема помехозащищенности аппаратуры потребителя СРНС.

Повышение помехозащищенности НАП методами оптимальной обработки сигналов, пространственно-временной обработки и комплексирования с инерциальными навигационными системами.

14. Дифференциальные методы в СРНС.

Дифференциальный и относительный режим НВО. Формирование частотно-временных поправок в локальных и широкозонных дифференциальных системах. Широкозонные дифференциальные системы СДКМ, WAAS, EGNOS, MSAS.

15. Высокоточные навигационно-временные определения.

Навигационно-временные определения, основанные на фазовых измерениях. Разрешение неоднозначности фазовых измерений. Определение пространственной ориентации объектов. Алгоритмы траекторной фильтрации.

16. Повышение достоверности НВО в СРНС.

Требования к достоверности НВО. Методы автономного контроля целостности.

17. Специальное применение СРНС.

Интегрированные комплексы навигации ЛА. Системы высокоточной навигации, основанные на применении спутниковых технологий.

18. Применение технологий СРНС в народном хозяйстве.

Системы УВД и посадки гражданской авиации, системы мониторинга подвижных объектов. Применение спутниковой навигации в геодезии.

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

Необходимое оборудование для лекций: учебная аудитория. персональные компьютеры и мультимедийное оборудование (проектор, интерактивная доска).

6. Перечень рекомендуемой литературы

Основная литература

1. Радиотехнические системы передачи информации [Текст] : учеб. пособие для вузов / под ред. В. В. Калмыкова .— М. : Радио и связь, 1990 .— 304 с.
1. ГЛОНАСС. Принципы построения и функционирования. Под ред. А. И. Перова и В. Н. Харисова. Изд. 3-е, переработанное. – М.: Радиотехника, 2005. – 688 с.: ил.
2. Современные технологии навигации геостационарных спутников. Урличич Ю. М., Ежов С. А., Жодзишский А. И., Круглов А. В., Махненко Ю. Ю., М.: Физматлит, 2007.
3. Статистический синтез и анализ радиотехнических систем. Изд. 2-е, переработанное. Тихонов В. И., Харисов В. Н., М.: Радио и связь, 2005. – 500 с.: ил.
4. Статистическая теория радиотехнических систем: Учебное пособие. Перов А. И. , М.: Радиотехника, 2003. – 470 с.
5. Спутниковые радионавигационные системы: время, показания часов, формирования измерений и определение относительных координат. Поваляев А. А. , М.: Радиотехника, 2008. – 328 с.
6. Спутниковые радионавигационные системы. Липкин И. А., М.: Вузовская книга, 2001. – 285 с.
7. Широкополосные системы и кодовое разделение сигналов. Принципы и положения. Ипатов В., М.: Техносфера, 2007. – 487 с.
8. Grewal M. S., Weill L. R., Andrew A. P. Global Positioning Systems, Inertial Navigation, and Integration, with MATLAB. – John Wiley & Sons, Inc., 2000.
9. Grewal M. S., Andrew A. P. Kalman Filtering: Theory and Practice Using MATLAB. Third edition. – John Wiley & Sons, Inc., 2008.

Дополнительная литература

1. ГЛОНАСС. Модернизация и перспективы развития. / Под ред. А. И. Перова. – М.: Радиотехника, 2020. – 1072 с.: ил.

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

<http://books.mipt.ru/> - Электронная библиотека МФТИ

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

Пакеты офисного программного обеспечения Microsoft Office (Word, Excel, PowerPoint, Windows Media Player).

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

Успешное освоение курса «Теоретические основы спутниковых навигационных систем» требует большой самостоятельной работы студента, требует от студента осознания связей между теорией и практикой, а также взаимозависимостей разных дисциплин. В программе дисциплины 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, семинаров, учебной и научной литературе);
- решение задач, предлагаемых студентам на лекциях.

Руководство и контроль за самостоятельной работой студента осуществляется в результате анализа пройденного материала, а также индивидуальных консультаций.

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

по направлению: Прикладные математика и физика
профиль подготовки: Космические технологии
Физтех-школа Аэрокосмических Технологий
кафедра космического приборостроения
курс: 1
квалификация: магистр

Семестры, формы промежуточной аттестации:

- 1 (осенний) - Экзамен
- 2 (весенний) - Дифференцированный зачет

Разработчик: В.Е. Вовасов, канд. техн. наук

1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
ОПК-3 Способен выбирать и (или) разрабатывать подходы к решению типовых и новых задач в области профессиональной деятельности, учитывая особенности и ограничения различных методов решения	ОПК-3.1 Способен анализировать задачу, планировать пути решения, предлагать и комбинировать способы решения
	ОПК-3.2 Способен использовать исследовательские методы при решении новых задач, применяя знания в различных областях науки (техники)
	ОПК-3.3 Владеет аналитическими и вычислительными методами решения, понимает и учитывает на практике границы применимости получаемых решений
ПК-1 Способен ставить, формализовывать и решать задачи, в том числе разрабатывать и исследовать математические модели изучаемых явлений и процессов, системно анализировать научные проблемы, получать новые научные результаты	ПК-1.1 Способен находить, анализировать и обобщать информацию об актуальных результатах исследований в рамках тематической области своей профессиональной деятельности
	ПК-1.2 Способен выдвигать гипотезы, строить математические модели для описания изучаемых явлений и процессов, оценивать качество разработанной модели
	ПК-1.3 Способен применять теоретические и (или) экспериментальные методы исследований к конкретной научной задаче и интерпретировать полученные результаты

2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Теоретические основы спутниковых навигационных систем» обучающийся должен:

знать:

- перспективы развития спутниковых систем радионавигации авиационно-космических радиоэлектронных систем навигации (СРНС) и навигационную аппаратуру потребителя (НАП) СРНС;
- теоретические основы построения и функционирования СРНС и НАП;
- современные и перспективные методы НВО, формирования и обработки сигналов, используемых в СРНС;
- теоретические основы функционирования НАП СРНС в составе комплексов радиоэлектронных систем навигации, управления и мониторинга;
- возможности применения технологий спутниковой навигации для решения прикладных народнохозяйственных и оборонных задач.

уметь:

- применять современные методы НВО, формирования и обработки сигналов для разработки элементов СРНС и НАП;
- использовать технологии спутниковой навигации при разработке радиоэлектронных комплексов навигации, управления и мониторинга.

владеть:

- навыками освоения большого объема информации;
- навыками самостоятельной работы в Интернете;
- культурой постановки и моделирования физических задач;
- навыками теоретического анализа реальных задач, связанных с использованием СРНС.

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

Текущий контроль осуществляется в форме устных опросов и собеседований.

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

Перечень контрольных вопросов для сдачи экзамена в 9 семестре:

Раздел 1.

1. Навигационные системы координат.
2. Шкалы времени. Навигационные элементы.
3. Методы решения навигационных задач.
4. Общая структура СРНС и функциональных дополнений.
5. Характеристики движения навигационных спутников.
6. Общие подходы к формированию сигналов в СРНС. Структура сигналов, излучаемых НС ГЛОНАСС.
7. Единицы мер времени. Системы отсчета времени, используемые в СРНС.
8. Системы координат, используемые в СРНС.
9. Дальномерный, псевдодальномерный, разностно-дальномерный метод навигационных определений.
10. Доплеровский, псевдодоплеровский и разностнодоплеровский методы.
11. Навигационный алгоритм на основе одномоментных измерений.
12. Точность НВО, геометрический фактор.
13. Шкалы времени СРНС.
14. Модели нестабильности опорных генераторов в частотной области.
15. Модели нестабильности опорных генераторов во временной области.
16. Тропосферное смещение задержки сигнала навигационного спутника.
17. Ионосферное смещение задержки сигнала навигационного спутника.
18. Влияние гравитационных и релятивистских эффектов на запаздывание сигналов.
19. Способы компенсации систематических ошибок в СРНС.

Раздел 2.

1. Байесовский подход к статистическому оцениванию. Байесовская точечная оценка.
2. Основные задачи оптимальной фильтрации сигналов
3. Формулировка задач фильтрации марковских процессов. Задание динамики навигационных элементов с помощью аппарата марковских процессов.
4. Структура апостериорной плотности вероятности параметров радиосигнала. Функция правдоподобия параметров радиосигнала.
5. Общее решение задачи фильтрации непрерывного Марковского процесса в дискретном времени.
6. Фильтрация непрерывного марковского процесса в непрерывном времени. Уравнение Стратоновича.
7. Линейное оценивание по критерию максимального правдоподобия по однократным измерениям. Метод линеаризации измерений. Точность оценивания.
8. Фильтр Калмана для дискретного времени.
9. Фильтр Калмана для непрерывного времени.
10. Приближенные методы нелинейной фильтрации. Локальная гауссовская аппроксимация. Расширенный фильтр Калмана для дискретного времени. Интегральная гауссовская аппроксимация.
11. Реализация системы ФАП с помощью фильтра Калмана.
12. Статистические характеристики дискриминаторов. Метод статистически эквивалентного дискриминатора.
13. Потенциальная точность оценивания. Граница Рао-Крамера. Потенциальная точность оценки параметров радиосигнала по одномоментным измерениям. Точность оценки фазы и задержки радиосигнала.
14. Граница Рао-Крамера для задач фильтрации марковских процессов.
15. Алгоритмы фильтрации с группированием наблюдений.
16. Фильтрация координат подвижного объекта в задаче радионавигации. Одноэтапный подход.

Раздел 3.

1. Эфемеридное обеспечение СРНС ГЛОНАСС. Расчет координат НС по оперативной информации.

2. Структура действующих и перспективных сигналов в СРНС.
3. Перспективы развития СРНС ГЛОНАСС.
4. Структура действующих и перспективных сигналов GPS.
5. Расчет координат навигационного спутника по GPS по оперативной информации.
6. Перспективные сигналы с ВОС модуляцией.

Перечень контрольных вопросов для сдачи дифференцированного зачета в 10 семестре:

Раздел 4.

1. Характеристика радиолинии космический аппарат – потребитель.
2. Требования к характеристикам антенно-фидерных устройств навигационных приемников и высокочастотной части приемников.
3. Статистические характеристики синфазных и квадратурных компонент корреляторов когерентного приемника.
4. Статистические характеристики синфазных и квадратурных компонент корреляторов некогерентного приемника.
5. Поиск и обнаружение сигналов в аппаратуре потребителя.
6. Принципы построения следящих систем в аппаратуре спутниковой навигации на основе методов локальной гауссовской аппроксимации апостериорной плотности вероятности радионавигационных параметров. Дискриминатор следящей системы.
7. Стохастические модели динамики объектов для следящих систем.
8. Синтез дискриминаторов задержки когерентного приемника
9. Синтез дискриминаторов задержки некогерентного приемника.
10. Синтез дискриминатора фазы когерентного приемника
11. Фазовый дискриминатор аппаратуры потребителя СРНС
12. Комбинированный фазовый и частотный дискриминаторы аппаратуры потребителя СРНС.
13. Частотные дискриминаторы некогерентных приемников.
14. Статистические характеристики фазового оптимального фазового дискриминатора.
15. Статистические характеристики фазового дискриминатора независимого от отношения сигнал/шум.
16. Статистические характеристики частотного дискриминатора когерентного приемника.
17. Статистические характеристики дискриминаторов задержки огибающей когерентного приемника.
18. Статистические характеристики дискриминаторов задержки огибающей некогерентного приемника.
19. Статистические характеристики частотных дискриминаторов некогерентного приемника.
20. Оптимальный фильтр третьего порядка для следящей системы за фазой сигнала.
21. Оптимальный фильтр второго порядка для следящей системой за задержкой огибающей когерентного приемника.
22. Сглаживающий фильтр комплексной системы слежения за задержкой огибающей и доплеровской частотой сигнала в некогерентном приемнике.
23. Сглаживающий фильтр комплексной системы слежения за задержкой огибающей и доплеровской частотой сигнала в когерентном приемнике.
24. Алгоритмы вторичного сглаживания оценок задержки оценками псевдодоплеровского смещения частоты.
25. Алгоритм оценки навигационных элементов по одномоментным измерениям радионавигационных параметров (одношаговый алгоритм вторичной обработки).
26. Фильтрационный алгоритм определения навигационных элементов.
27. Потенциальная помехозащищенность режима поиска и захвата АП СРНС.
28. Методика приближенной оценки помехоустойчивости системы ФАП.
29. Методика приближенной оценки помехоустойчивости системы ФАП автономной системы слежения за задержкой сигнала некогерентного приемника.
30. Применение методов пространственно-временной обработки для повышения помехозащищенности аппаратуры потребителя.
31. Повышение помехозащищенности аппаратуры потребителя на основе комплексирования с ИНС.

Раздел 5.

1. Дифференциальный и относительный режим НВО Локальные дифференциальные системы.
2. Принципы построения СДКМ ГЛОНАСС.
3. Навигационно-временные определения, основанные на фазовых измерениях. Разрешение неоднозначности фазовых измерений.
4. Определение пространственной ориентации объектов.
5. Требования к достоверности НВО.
6. Целостность навигационных систем. Методы автономного контроля целостности.
7. Алгоритм автономного контроля целостности на основе однократных измерений псевдодальностей.
8. Алгоритм автономного контроля целостности, учитывающий измерения псевдодоплеровской частоты.

Критерии оценивания

оценка «отлично (10)» выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины при выполнении курсовой работы, домашних заданий, ответе экзаменационного билета и ответе на вопросы по программе дисциплины;

оценка «отлично (9)» выставляется студенту, показавшему систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины при выполнении курсовой работы, домашних заданий, ответе экзаменационного билета и ответе на вопросы по программе дисциплины;

оценка «отлично (8)» выставляется студенту, показавшему систематизированные, знания учебной программы дисциплины при выполнении курсовой работы, домашних заданий, ответе экзаменационного билета и ответе на вопросы по программе дисциплины;

оценка «хорошо (7)» выставляется студенту, если он твердо знает материал экзаменационного билета, грамотно и по существу излагает его, демонстрирует умение применять полученные знания на практике при выполнении курсовой работы и домашних заданий, но допускает в ответе или в решении задач некоторые неточности;

оценка «хорошо (6)» выставляется студенту, если он знает материал экзаменационного билета, по существу излагает его, демонстрирует умение применять полученные знания на практике при выполнении курсовой работы и домашних заданий, но допускает в ответе или в решении задач много неточностей;

оценка «хорошо (5)» выставляется студенту, если он знает материал экзаменационного билета, излагает его, демонстрирует умение применять полученные знания на практике при выполнении курсовой работы и домашних заданий, не допускает в ответе грубых ошибок;

оценка «удовлетворительно (4)» выставляется студенту, если во время ответа экзаменационного билета, при выполнении курсовой работы и домашних заданий он показал фрагментарный, характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, но при этом он владеет основными разделами учебной программы, необходимыми для дальнейшего обучения;

оценка «удовлетворительно (3)» выставляется студенту, если во время ответа экзаменационного билета, при выполнении курсовой работы и домашних заданий он показал разрозненный характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, нарушение логической последовательности в изложении программного материала, но при этом он владеет основными разделами учебной программы, необходимыми для дальнейшего обучения и может применять полученные знания по образцу в стандартной ситуации;

оценка «неудовлетворительно (2-1)» выставляется студенту, если во время ответа экзаменационного билета, он показал, что не знает большей части основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубые ошибки в формулировках основных понятий дисциплины и не умеет использовать полученные знания при решении типовых практических задач.

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

При проведении устного экзамена и дифференцированного зачета обучающемуся предоставляется 60 минут на подготовку. Опрос обучающегося по билету на устном экзамене не должен превышать двух астрономических часов.

Во время проведения экзамена и дифференцированного зачета при подготовке ответов на билеты обучающиеся могут пользоваться программой дисциплины, конспектами лекций и любой другой литературой.

Во время проведения экзамена и дифференцированного зачета при ответе обучающегося на вопросы по билету или по программе дисциплины он не может пользоваться конспектами лекций и любой другой литературой.