

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



подписано электронно-цифровой подписью

**Программа дисциплины**  
**Космическая навигация БЗ.В.7**

Направление подготовки: 120100.62 - Геодезия и дистанционное зондирование

Профиль подготовки: Космическая геодезия и навигация

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

**Автор(ы):**

Безменов В.М.

**Рецензент(ы):**

Кашеев Р.А.

**СОГЛАСОВАНО:**

Заведующий(ая) кафедрой: Бикмаев И. Ф.

Протокол заседания кафедры No \_\_\_ от "\_\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г

Учебно-методическая комиссия Института физики:

Протокол заседания УМК No \_\_\_ от "\_\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г

Регистрационный No 699514

Казань  
2014

## 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) Безменов В.М. Кафедра астрономии и космической геодезии Отделение астрофизики и космической геодезии, Vladimir.Bezmenov@kpfu.ru

### 1. Цели освоения дисциплины

Познакомить студентов с задачами космической навигации, принципами, методами и средствами космической навигации, реализуемых при исследовании Земли и планет Солнечной системы.

В настоящее время подавляющее большинство геодезических работ выполняется с использованием глобальных спутниковых навигационных систем (GPS NAVSTAR, ГЛОНАСС и др.). Исследование природных ресурсов и картографирование Земли выполняется с помощью искусственных спутников Земли (ИСЗ), а исследование и картографирование планет Солнечной системы и их естественных спутников с помощью космических аппаратов (КА).

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

Данная учебная дисциплина включена в раздел "Б3.В.7 Профессиональный" основной образовательной программы 120100.62 Геодезия и дистанционное зондирование и относится к вариативной части. Осваивается на 4 курсе, 8 семестр.

Дисциплина входит в раздел "Б.3. Профессиональный цикл. Вариативная часть" ФГОС ВПО по направлению подготовки "Геодезия и дистанционное зондирование".

Данная учебная дисциплина должна изучаться после изучения курсов "Геодезии", "Небесной механики", "Космической геодезии", "Фотограмметрии и дистанционного зондирования", "Спутниковых методов позиционирования и технологий".

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

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОПК-2 (профессиональные компетенции)	способность использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования;
ПК-10 (профессиональные компетенции)	способность осуществлять основные технологические процессы получения наземной и аэрокосмической пространственной информации о состоянии окружающей среды, использовать материалы дистанционного зондирования и геоинформационные технологии при моделировании и интерпретации результатов изучения природных ресурсов;
ПК-24 (профессиональные компетенции)	способность к разработке современных методов, технологий и методик проведения геодезических, топографо-геодезических, фотограмметрических и аэрофотосъемочных работ;

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ПК-4 (профессиональные компетенции)	способность выполнять комплекс работ по дешифрованию видеоинформации, аэрокосмических и наземных снимков, по созданию и обновлению топографических карт по воздушным, космическим и наземным снимкам фотограмметрическими методами;

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

1. теорию, основные принципы, методы и инструменты навигации ИСЗ (КА) и космических станций, в том числе, и с космонавтами на борту космического корабля;
2. основы измерений и передачи информации в СНС ГЛОНАСС GPS;
3. устройство и принципы работы аппаратуры пользователей, типы оборудования для реализации абсолютных, дифференциальных и относительных определений координат пунктов.

2. должен уметь:

- ориентироваться в новых направлениях развития средств и методов космической навигации;
- применять средства космической навигации для решения научных и практических задач.

3. должен владеть:

- основными принципами и методами космической навигации.

4. должен демонстрировать способность и готовность:

1. использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования;
2. осуществлять основные технологические процессы получения космической пространственной информации для целей космической навигации;

#### 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. Космическая навигация.	8	1	4	0	0	
2.	Тема 2. Астрономическая, инерциальная и астроинерциальная навигация.	8	2	2	0	0	
3.	Тема 3. Определение ориентаций космического аппарата по данным бортовых видеоизображений.	8	3	0	0	11	
4.	Тема 4. Автоматизированное распознавание звезд.	8	4	0	0	6	
5.	Тема 5. Основные задачи прикладной космической навигации.	8	5	1	0	0	
6.	Тема 6. Понятия об оптимизации навигационных измерений.	8	7	2	0	0	
7.	Тема 7. Координатометрические комплексы обеспечения работы спутниковых навигационных систем.	8	8	2	0	0	

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
8.	Тема 8. Построение математических моделей бортовых и наземных измерительных систем.	8	9	0	0	6	
9.	Тема 9. Космическая радионавигация.	8	10	2	0	0	
	Тема . Итоговая форма контроля	8		0	0	0	зачет
	Итого			13	0	23	

## 4.2 Содержание дисциплины

### Тема 1. Космическая навигация.

#### **лекционное занятие (4 часа(ов)):**

Предмет навигации. Принципы построения космических навигационных систем. Навигационные параметры. Наиболее важные показатели космических навигационных систем. Определение координат навигационных ориентиров в спутниковых навигационных системах. Методы решения навигационной задачи в спутниковой системе навигации. Алгоритм навигационной задачи. Классификация и математическая модель ошибок наблюдений. Динамическая фильтрация последовательности наблюдений. Методы оптимальной обработки информации (метод максимума правдоподобия, фильтр Калмана).

### Тема 2. Астрономическая, инерциальная и астроинерциальная навигация.

#### **лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Астрономическая, инерциальная и астроинерциальная навигация. Основные принципы астроинерциальной навигации. Элементы и устройства астроинерциальной навигации. Оптические приборы для ориентации и навигации. Оптические приборы ориентации по звездам, оптические приборы ориентации по Солнцу. Комплексные системы навигации. Построение местной вертикали. Стабилизированные платформы и акселерометры. Принципиальная схема гироскопа и стабилизации платформы. Акселерометры и измерение ускорения космического корабля. Фиксирование платформы в заданной системе координат (Гринвичской или второй экваториальной). Принцип определения координат и скорости корабля по данным акселерометров.

### Тема 3. Определение ориентаций космического аппарата по данным бортовых видеоизображений.

#### **лабораторная работа (11 часа(ов)):**

Определение ориентаций космического аппарата по данным бортовых видеоизображений поверхности небесного тела. Определение ориентаций космического аппарата по данным бортовых видеоизображений участков звездного неба.

### Тема 4. Автоматизированное распознавание звезд.

#### **лабораторная работа (6 часа(ов)):**

Распознавание групп звезд на основе сравнения оценок угловых расстояний и их эталонов.

### Тема 5. Основные задачи прикладной космической навигации.

#### **лекционное занятие (1 часа(ов)):**

Проектирование орбит навигационных спутников Земли. Коррекция орбит. Основы астрономической коррекции.

### Тема 6. Понятия об оптимизации навигационных измерений.

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Состав бортовых навигационных измерений, принципы оптимизации навигационных измерений.

**Тема 7. Координатометрические комплексы обеспечения работы спутниковых навигационных систем.**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Схемы построения и функционирования координатометрических комплексов для обеспечения работы спутниковых навигационных систем и решения навигационных задач

**Тема 8. Построение математических моделей бортовых и наземных измерительных систем.**

**лабораторная работа (6 часа(ов)):**

Построение математических моделей бортовых и наземных измерительных систем

**Тема 9. Космическая радионавигация.**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Сигналы в космических навигационных системах. Псевдодалность и псевдоскорость как навигационные параметры. Погрешности измерений в космических навигационных системах . Особенности совместного использования систем GPS и ГЛОНАСС для определения координат пользователя.

**4.3 Структура и содержание самостоятельной работы дисциплины (модуля)**

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
1.	Тема 1. Космическая навигация.	8	1	Внеаудиторная. Написание реферата	4	выступление студента
2.	Тема 2. Астрономическая, инерциальная и астроинерциальная навигация.	8	2	Внеаудиторная. Написание реферата	2	выступление студента
3.	Тема 3. Определение ориентаций космического аппарата по данным бортовых видеоизображений.	8	3	Аудиторная. Спец. семинар	2	выступление студентов
				Внеаудиторная. Написание реферата	8	электронная презентация
4.	Тема 4. Автоматизированное распознавание звезд.	8	4	Внеаудиторная. Подбор и изучение литературных источников	4	Коллоквиум
5.	Тема 5. Основные задачи прикладной космической навигации.	8	5	Внеаудиторная. Подбор и изучение литературных источников	4	электронная презентация
6.	Тема 6. Понятия об оптимизации навигационных измерений.	8	7	Внеаудиторная. Подбор и изучение литературных источников	4	электронная презентация

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
7.	Тема 7. Координатометрические комплексы обеспечения работы спутниковых навигационных систем.	8	8	Внеаудиторная. Подбор и изучение литературных источников	2	Электронная презентация
8.	Тема 8. Построение математических моделей бортовых и наземных измерительных систем.	8	9	Внеаудиторная. Подбор и изучение литературных источников	4	электронная презентация
9.	Тема 9. Космическая радионавигация.	8	10	Внеаудиторная. Подбор и изучение литературных источников	2	электронная презентация
	Итого				36	

## 5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения

Используются интерактивные формы обучения -- обсуждение теоретических вопросов, проведение устных опросов, самостоятельные расчеты и их анализ.

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

### Тема 1. Космическая навигация.

выступление студента , примерные вопросы:

Выступление студента с презентацией на заданную тему.

### Тема 2. Астрономическая, инерциальная и астроинерциальная навигация.

выступление студента , примерные вопросы:

Выступление студента с презентацией на заданную тему.

### Тема 3. Определение ориентаций космического аппарата по данным бортовых видеоизображений.

выступление студентов , примерные вопросы:

Выступление студента с презентацией на заданную тему.

электронная презентация , примерные вопросы:

Определение ориентаций космического аппарата по данным бортовых видеоизображений участков звездного неба.

### Тема 4. Автоматизированное распознавание звезд.

Коллоквиум , примерные вопросы:

Системы координат применяемые в космической навигации. Алгоритмы распознавания звезд. Оптические системы, применяемые в космической навигации.

### Тема 5. Основные задачи прикладной космической навигации.

электронная презентация , примерные вопросы:

Презентация, раскрывающая перечень изученной литературы, объем изученного материала, рассмотренные темы, вопросы.

#### **Тема 6. Понятия об оптимизации навигационных измерений.**

электронная презентация , примерные вопросы:

Презентация, раскрывающая перечень изученной литературы, объем изученного материала, рассмотренные темы, вопросы.

#### **Тема 7. Координатометрические комплексы обеспечения работы спутниковых навигационных систем.**

Электронная презентация , примерные вопросы:

Презентация, раскрывающая перечень изученной литературы, объем изученного материала, рассмотренные темы, вопросы.

#### **Тема 8. Построение математических моделей бортовых и наземных измерительных систем.**

электронная презентация , примерные вопросы:

Презентация, раскрывающая перечень изученной литературы, объем изученного материала, рассмотренные темы, вопросы.

#### **Тема 9. Космическая радионавигация.**

электронная презентация , примерные вопросы:

Презентация, раскрывающая перечень изученной литературы, объем изученного материала, рассмотренные темы, вопросы.

#### **Тема . Итоговая форма контроля**

Примерные вопросы к зачету:

Основная тематика лабораторных и расчетно-аналитических задач.

Разработка программы определения ориентации космического аппарата по данным бортовых изображений поверхности небесного тела и участков звездного неба

(по заданным входным данным).

#### **ВОПРОСЫ К ЗАЧЕТУ**

1. Принципы построения космических навигационных систем.
2. Навигационные параметры
3. Основные показатели космических навигационных систем.
4. Алгоритм навигационной задачи.
5. Основные принципы астроинерциальной навигации.
6. Оптические приборы для ориентации и навигации.
7. Оптические приборы ориентации по звездам.
8. Оптические приборы ориентации по Солнцу.
9. Комплексные системы навигации.
10. Построение местной вертикали.
11. Стабилизированные платформы и акселерометры.
12. Принципиальная схема гироскопа и стабилизации платформы.
13. Акселерометры и измерение ускорения космического корабля.
14. Фиксирование платформы в заданной системе координат.
15. Принцип определения координат и скорости корабля по данным акселерометров
16. Принципы определения ориентаций космического аппарата по данным бортовых видеоизображений поверхности небесного тела и участков звездного неба.
17. Принципы автоматизированного распознавания звезд.
18. Принципы проектирования орбит навигационных спутников Земли.
19. Коррекция орбит. Основные принципы астрономической коррекции орбит.

20. Схемы построения и функционирования координатометрических комплексов для обеспечения работы спутниковых навигационных систем и решения навигационных задач.
21. Сигналы в космических навигационных системах. Псевдодальность и псевдоскорость как навигационные параметры.
22. Погрешности измерений в космических навигационных системах.
23. Принципы оптимизации и обработки навигационных измерений.
24. Дифференциальные и относительные методы определения координат пользователя. Принципиальные основы дифференциального метода.
25. Особенности совместного использования систем GPS и ГЛОНАСС для определения координат пользователя.

### **7.1. Основная литература:**

- Генике, Аркадий Александрович. Глобальные спутниковые системы определения местоположения и их применение в геодезии / А. А. Генике, Г. Г. Побединский. Изд. 2-е , перераб. и доп.. М.: Картгеоцентр, 2004. 350, [1] с.
- Аносов, Дмитрий Викторович. От Ньютона к Кеплеру / Д. В. Аносов .? Москва : Изд-во МЦНМО, 2006 .? 271, [1] с.
- Белецкий, Владимир Васильевич. Очерки о движении космических тел / В. В. Белецкий .? Изд. 3-е, испр. и доп. ? Москва : URSS : [ЛКИ, 2009] .? 426 с.

### **7.2. Дополнительная литература:**

- Современная концепция геодезического обеспечения РФ и создание опорных геодезических сетей с помощью глобальных навигационных спутниковых систем: учебно-методическое пособие / И.Ю.Белов, Р.В.Загретдинов, Р.А.Кашеев. - Казань: КФУ,2013. - 56с.
- Дубошин, Георгий Николаевич. Небесная механика : основные задачи и методы : учебник для студентов / Г. Н. Дубошин .? Издание 3-е, дополненное .? Москва : Наука, 1975 .? 800 с. : ил.
- Справочное руководство по небесной механике и астродинамике / В. К. Абалакин и др. ; Под ред. Г. Н. Дубошина .? Издание 2-е, дополненное и переработанное .? Москва : Наука, 1976 .? 864 с. : ил., табл.

### **7.3. Интернет-ресурсы:**

- NASA US - <http://www.nasa.gov>
- Topcon - <http://www.topconpositioning.com/>
- trimble - <https://www.trimble.com/>
- Атлас планет земной группы и их спутников - <http://planetmaps.ru>
- Европейское космическое агенство - [www.esa.int](http://www.esa.int)
- Ракурс - [www.rakurs.ru](http://www.rakurs.ru)
- Сканекс - [www.scanex.ru](http://www.scanex.ru)
- Совзонд - [www.sovzond.ru](http://www.sovzond.ru)

## **8. Материально-техническое обеспечение дисциплины(модуля)**

Освоение дисциплины "Космическая навигация" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Мультимедийная аудитория, вместимостью более 60 человек. Мультимедийная аудитория состоит из интегрированных инженерных систем с единой системой управления, оснащенная современными средствами воспроизведения и визуализации любой видео и аудио информации, получения и передачи электронных документов. Типовая комплектация мультимедийной аудитории состоит из: мультимедийного проектора, автоматизированного проекционного экрана, акустической системы, а также интерактивной трибуны преподавателя, включающей тач-скрин монитор с диагональю не менее 22 дюймов, персональный компьютер (с техническими характеристиками не ниже Intel Core i3-2100, DDR3 4096Mb, 500Gb), конференц-микрофон, беспроводной микрофон, блок управления оборудованием, интерфейсы подключения: USB, audio, HDMI. Интерактивная трибуна преподавателя является ключевым элементом управления, объединяющим все устройства в единую систему, и служит полноценным рабочим местом преподавателя. Преподаватель имеет возможность легко управлять всей системой, не отходя от трибуны, что позволяет проводить лекции, практические занятия, презентации, вебинары, конференции и другие виды аудиторной нагрузки обучающихся в удобной и доступной для них форме с применением современных интерактивных средств обучения, в том числе с использованием в процессе обучения всех корпоративных ресурсов. Мультимедийная аудитория также оснащена широкополосным доступом в сеть интернет. Компьютерное оборудование имеет соответствующее лицензионное программное обеспечение.

Студенты имеют возможность получать доступ к электронным ресурсам КГУ и сети Интернет через в аудитории для самостоятельной работы и с личных мобильных устройств через WiFi-станцию;

Для поддержки мультимедиа-презентаций во время лекционных занятий используются следующие программные продукты: Microsoft Power Point в составе Microsoft Office 2007 (2 академические лицензии), OpenOffice.org 3.0 Impress (открытая лицензия GPL), Adobe Reader 9 (предоставлено физическим факультетом для 20 рабочих мест на условиях академической лицензии Microsoft);

Стационарное и переносное демонстрационное оборудование (мультимедийные проекторы, ноутбук

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 120100.62 "Геодезия и дистанционное зондирование" и профилю подготовки Космическая геодезия и навигация .

Автор(ы):

Безменов В.М. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

Рецензент(ы):

Кащеев Р.А. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.