



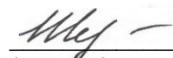
МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
**«Дальневосточный федеральный университет»**  
(ДФУ)

**ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА**

«СОГЛАСОВАНО»  
Руководитель ОП

  
В.М. Каморный  
(подпись) (Ф.И.О. рук. ОП)  
« 02 » июня 2016 г.

«УТВЕРЖДАЮ»  
Заведующий (ая) кафедрой  
геодезии, землеустройства и кадастра  
(название кафедры)

  
Н.В. Шестаков  
(подпись) (Ф.И.О. зав. каф.)  
« 02 » июня 2016 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Космическая геодезия и геодинамика

**Специальность 21.05.01 Прикладная геодезия**

специализация «Инженерная геодезия»

**Форма подготовки очная**

курс 4, 5 семестр 8, 9  
лекции 48 час.  
практические занятия 72 час.  
лабораторные работы 24 час.  
в том числе с использованием МАО пр. 36 час.  
всего часов аудиторной нагрузки 120 час.  
в том числе с использованием МАО 36 час.  
самостоятельная работа 216 час.  
в том числе на подготовку к экзамену 63 час.  
контрольные работы (2)  
курсовая работа 8 семестр  
зачет нет  
экзамен 8, 9 семестр

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта высшего образования, утвержденного приказом Министерства образования и науки РФ от 07 июня 2016 года № 674

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры геодезии, землеустройства и кадастра, протокол № 10 от « 11 » июня 2016 г.

Заведующий кафедрой Шестаков Н.В.

Составители: к.т.н., профессор Каморный В.М., к.т.н., доцент Шестаков Н.В.

**Оборотная сторона титульного листа РПУД**

**I. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры:**

Протокол от « 01 » июля 2016 г. № 10

Заведующий кафедрой  Н.В. Шестаков  
(подпись) (И.О. Фамилия)

**II. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры:**

Протокол от « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ (подпись) \_\_\_\_\_ (И.О. Фамилия)

## Аннотация дисциплины «Космическая геодезия и геодинамика»

Дисциплина «Космическая геодезия и геодинамика» разработана для студентов 4 и 5 курсов специальности 21.05.01 Прикладная геодезия, специализация «Инженерная геодезия», входит в базовую часть блока 1 Дисциплины (модули) учебного плана (Б1.Б.30).

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 10 зачетных единиц или 360 часов. Учебным планом предусмотрены: лекционные занятия (48 часов), лабораторные работы (24 часа), практические занятия (72 часа) и самостоятельная работа студента (216 часов, в том числе подготовка к экзаменам 63 часа). Дисциплина реализуется на 4 и 5 курсах в 8 и 9 семестрах. Форма контроля – экзамен, курсовая работа.

Для изучения дисциплины необходимы компетенции, сформированные в результате освоения дисциплин «Небесная механика», «Геодезическая астрономия с основами астрометрии», «Теория фигуры планет и гравиметрия». Предшествующие дисциплины – «Высшая геодезия, картография и основы координатно-временных систем».

Данная учебная дисциплина предшествует освоению дисциплины «Спутниковые системы и технологии позиционирования» и завершающему этапу образования – написанию выпускной квалификационной работы и формирует необходимые для этого компетенции.

**Целью** освоения дисциплины «Космическая геодезия и геодинамика» является формирование профессиональных компетенций, определяющих готовность и способность специалиста по специальности Прикладная геодезия к использованию знаний из области космической геодезии и геодинамики для решения основных задач геодезии.

**Задачи** дисциплины:

- изучение систем координат и времени в космической геодезии;
- изучение основ теории движения естественных и искусственных спутников Земли;
- формирование умения проводить космические геодезические построения;

- формирование умения планировать космические геодезические измерения;
- формирование навыков работы по созданию опорных геодезических сетей методами космической геодезии;
- изучение основных характеристик геодинамических процессов и геодезических методов их исследования;
- формирование навыков обработки данных спутниковых систем глобального позиционирования для получения характеристик геодинамических процессов.

Для успешного изучения дисциплины «Космическая геодезия и геодинамика» у обучающихся должны быть сформированы следующие предварительные компетенции:

- способность к абстрактному мышлению, анализу, синтезу (ОК-1);
- готовность к саморазвитию, самореализации, использованию творческого потенциала (ОК-3);
- способность использовать основы философских знаний, анализировать главные этапы и закономерности исторического развития для осознания социальной значимости своей деятельности (ОК-4);
- способность к топографо-геодезическому обеспечению изображения поверхности Земли в целом, отдельных территорий и участков земной поверхности наземными и аэрокосмическими методами, в том числе, владение методами полевых и камеральных работ по созданию, развитию и реконструкции государственных геодезических, нивелирных, гравиметрических сетей, а также координатных построений специального назначения (ПК-1);
- готовность к обеспечению единой системы координат на территориях промышленных площадок, городов и других участков земной поверхности (ПК-5);
- способность к сбору, обобщению и анализу топографо-геодезической, картографической, астрономо-геодезической и гравиметрической информации, разработке на ее основе методов, средств и проектов выполнения конкретных народно хозяйственных задач (ПК-9);
- готовность к разработке алгоритмов, программ и методик решений инженерно-геодезических задач и владение методами математической обработки результатов полевых геодезических измерений, астрономических

наблюдений, гравиметрических определений при проектировании, строительстве и эксплуатации зданий, и инженерных сооружений (ПК-13);

- способность к разработке проектов производства геодезических работ и их реализации (ПСК-1.1).

Планируемые результаты обучения по данной дисциплине (знания, умения, владения), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы, характеризуют этапы формирования следующих компетенций:

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
<b>ПК-1</b> способность к топографо-геодезическому обеспечению изображения поверхности Земли в целом, отдельных территорий и участков земной поверхности наземными и аэрокосмическими методами, в том числе, владение методами полевых и камеральных работ по созданию, развитию и реконструкции государственных геодезических, нивелирных, гравиметрических сетей, а также координатных построений специального назначения	Знает	теорию геометрических и динамических методов космической геодезии, внешнее гравитационное поле и поле силы тяжести Земли и планет
	Умеет	осуществлять создание космических геодезических построений методами космической геодезии (государственная геодезическая сеть, сети специального назначения)
	Владеет	методами интерпретации данных, получаемых методами космической геодезии, методами определения геофизических параметров Земли по данным космической геодезии, системы координат и измерения времени, используемые в космической геодезии
<b>ПК-7</b> способность к изучению динамики изменения поверхности Земли геодезическими методами и владение методами наблюдения за деформациями инженерных сооружений	Знает	структуру, порядок функционирования и возможности использования глобальных навигационных спутниковых систем для изучения динамики изменения поверхности Земли; внутреннее строение Земли, физические основы протекающих на Земле геодинамических процессов
	Умеет	планировать и проводить высокоточные спутниковые измерения и их математическую обработку; умеет обрабатывать данные постоянных и периодических наблюдений, выполненных методами глобального спутникового позиционирования и визуализировать их результаты.
	Владеет	методами определения параметров вращения Земли, изучения и моделирования дрейфа литосферных плит, изучения других геодинамических процессов по данным космической геодезии

Для формирования вышеуказанных компетенций в рамках дисциплины «Космическая геодезия и геодинамика» применяются следующие методы активного/ интерактивного обучения: лекция-беседа, лекция-дискуссия, практическое занятие в виде семинара.

## **I. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА**

### **РАЗДЕЛ 1. Космическая геодезия (36 час.)**

#### **Тема 1. Системы координат и времени в космической геодезии (4 часа)**

Инерциальная система отсчета, геоцентрические системы координат, вращающиеся вместе с Землей, топоцентрические и орбитальные системы координат, системы измерения времени.

#### **Тема 2. Способы наблюдений ИСЗ (1 час)**

Способы наблюдений ИСЗ. Классификация способов наблюдения ИСЗ. Фотографические наблюдения ИСЗ на фоне звёзд. Лазерные наблюдения ИСЗ. Доплеровские наблюдения ИСЗ. Радиодальномерные наблюдения ИСЗ. Кодовые и фазовые измерения при использовании глобальных навигационных спутниковых систем.

#### **Тема 3. Невозмущенное движение ИСЗ (7 часов)**

Вывод дифференциальных уравнений невозмущенного движения, интегрирование дифференциальных уравнений движения, исследование невозмущенного движения, законы Кеплера, элементы орбиты и их связь с постоянными интегрирования, динамический интеграл, третий закон Кеплера, основные формулы невозмущенного движения, определение предварительных элементов орбиты ИСЗ из наблюдений, понятие о методе уточнения орбит ИСЗ.

#### **Тема 4. Возмущенное движение ИСЗ (8 часов)**

Постановка задачи, уравнения возмущенного движения ИСЗ в координатах, уравнения Лагранжа для оскулирующих элементов орбиты, уравнения Ньютона для оскулирующих элементов орбиты, приближенное аналитическое и численное интегрирование уравнений движения ИСЗ, возмущающая функция геопотенциала, негеопотенциальные возмущающие функции, возмущения в движении ИСЗ.

#### **Тема 5 Геометрические и динамические задачи космической геодезии и методы их решения (7 часов)**

Общие принципы использования ИСЗ для определения координат наземных пунктов, уравнение плоскости синхронизации и хорды, формулы для определения координат вершин некоторых элементарных фигур спутниковой триангуляции, виды условий, возникающие в спутниковой триангуляции, уравнения поправок в спутниковой триангуляции, уравнивание спутниковой триангуляции, понятие об уравнивании геодезических сетей, построенных орбитальным методом, общие динамические задачи космической геодезии (постановка задачи), вычисление свободных членов уравнений поправок в орбитальном и общем динамическом методах, вычисление коэффициентов уравнений поправок в орбитальном и общем динамическом методах, о решении уравнений поправок общего динамического и орбитального методов.

#### **Тема 6. Современные методы космической геодезии (7 часов)**

Спутниковое нивелирование, светолокация Луны, принципы решения уравнений светолокации Луны, радио интерферометрия со сверхдлинной базой, методы космического позиционирования (общие сведения), аналитические решения при абсолютных определениях в методе космического позиционирования, аналитические решения при

относительных определениях в методе космического позиционирования, перспективы развития космической геодезии.

## **РАЗДЕЛ 2. Геодинамика (12 час.)**

### **Тема 1. Основные положения тектоники плит. (2 час.)**

Основные положения тектоники плит. Тектонически активные структуры и зоны. Геодинамические процессы. Источники геодинамических процессов.

### **Тема 2. Движения земной коры (3 час.)**

Современные данные о движениях земной коры. Вековые смещения, мгновенные смещения. Их регистрация и моделирование. Вращения плит и блоков, полюса вращения.

### **Тема 3. Геодинамические активные зоны (3 час.)**

Геодинамические активные зоны. Ко- и постсейсмические смещения земной коры. Моделирование очага землетрясения по геодезическим данным. Моделирование реологических свойств астеносферы и верхней мантии по данным о постсейсмических смещениях земной коры.

### **Тема 4. Геодинамические процессы (3 час.)**

Постледниковое поднятие, его изучение геодезическими методами и математическое моделирование. Геодинамические процессы вблизи активных вулканов. Моделирование магматического очага по геодезическим данным.

### **Тема 5. Влияние геодинамической активности на гидросферу и атмосферу (1 час.)**

Влияние сейсмических событий и вулканической активности на гидросферу и атмосферу Земли. Моделирование очага цунамигенного

землетрясения по геодезическим данным. Моделирование и изучение влияния сильных землетрясений на атмосферу Земли

## **II. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА**

### **ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ (72 часа)**

#### **РАЗДЕЛ 1. Космическая геодезия (36 часов)**

##### **Занятие 1. Вычисление элементов оскулирующей орбиты (16 часов).**

1. Вычисление момента звездного времени, на который рассчитывается эфемерида.
2. Вычисление периода обращения спутника.
3. Вычисление возмущения в долготе восходящего узла орбиты, в аргументе перицентра и в начальном значении средней аномалии за один оборот спутника.
4. Определение числа оборотов, совершенных спутником между эпохами.
5. Составление системы возмущенных элементов орбиты спутника.
6. Вычисление средней аномалии на эпоху наблюдения.
7. Вычисление эксцентрической аномалии из решения уравнения Кеплера методом приближений.
8. Вычисление истинной аномалии.
9. Вычисление возмущенного значения радиус-вектора спутника.
10. Вычисление возмущенного аргумента широты спутника.
11. Подготовка ответов на контрольные вопросы.

**Занятие 2. Вычисление прямоугольных координат спутника в небесной системе координат (4 часа).**

1. Вычисление прямоугольных координат в НСК.
2. Контроль вычислений.
3. Подготовка ответов на контрольные вопросы.

**Занятие 3. Вычисление прямоугольных координат в общеземной системе координат (4 часа).**

1. Преобразование координат спутника из НСК в ОЗСК.
2. Контроль вычислений.
3. Подготовка ответов на контрольные вопросы.

**Занятие 4. Обсуждение результатов исследований и вычислений (12 часов).**

1. Обсуждение докладов по теме «Системы координат и времени в космической геодезии».
2. Обсуждение докладов по теме «Невозмущенное движение ИСЗ».
3. Обсуждение докладов по теме «Возмущенное движение ИСЗ».
4. Обсуждение докладов по теме «Геометрические и динамические задачи космической геодезии».
5. Обсуждение докладов по теме «Современные методы космической геодезии».

**РАЗДЕЛ 2. Геодинамика (36 час.)**

**Занятие 1-6. Первичная обработка и визуализация данных геодезических наблюдений (12 часов).**

1. Обработка ряда непрерывных и периодических ГНСС-наблюдений (ГНСС - Глобальные Навигационные Спутниковые Системы) при помощи

инженерного (MagnetOfficeTools) и научного (BERNESE 5.2) программного обеспечения.

2. Построение рядов и визуализация среднесуточных координат пунктов геодинамических ГНСС-наблюдений.

**Занятие 7-12. Вычисление характеристик современных движений земной коры (12 часов).**

1. Моделирование сезонных вариаций в рядах среднесуточных координат пунктов геодинамических наблюдений.

2. Вычисление косейсмических смещений на основе рядов среднесуточных координат пунктов геодинамических наблюдений.

3. Вычисление постсейсмических смещений на основе рядов среднесуточных координат пунктов геодинамических наблюдений.

4. Вычисление вековых скоростей перемещений пунктов геодинамических наблюдений на основе рядов среднесуточных координат.

**Занятие 13-18. (12 часов).**

1. Моделирование движений земной поверхности, инициированных сейсмическим очагом. Сопоставление модельных и наблюдаемых смещений.

2. Моделирование постсейсмических движений земной поверхности, инициированных сейсмическим очагом. Сопоставление модельных и наблюдаемых смещений.

3. Моделирование движений земной поверхности, инициированных вулканическим очагом. Сопоставление модельных и наблюдаемых смещений.

**ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ (24 часа)**

**РАЗДЕЛ 2. Геодинамика (24 час.)**

**Работа 1. Выполнение эпизодических ГНСС-измерений для исследования современных движений земной коры (8 часов).**

1. Подготовка спутниковой аппаратуры к работе.
2. Выполнение спутниковых наблюдений на пункте, оборудованном устройством принудительного центрирования. Измерение вертикальной высоты антенны.
3. Выполнение спутниковых наблюдений на пункте, не оборудованном устройством принудительного центрирования. Измерение наклонной высоты антенны. Преобразование наклонной высоты в вертикальную высоту.
4. Передача данных спутниковых наблюдений в компьютер. Преобразование данных в международный формат RINEX. Архивирование спутниковых наблюдений.

**Работа 2. Обработка данных эпизодических спутниковых наблюдений в программном пакете BERNESE 5.2 (8 часов).**

1. Структура и порядок работы с программным пакетом BERNSE 5.2.
2. Подготовка необходимой вспомогательной информации для обработки данных. Подготовка данных спутниковых наблюдений на определяемых и опорных пунктах.
3. Обработка данных спутниковых наблюдений трех наборов суточных ГНСС-наблюдений, состоящих из трех эпох измерений, разделенных годичным промежутком. Оценка координат пункта в каждую эпоху. Оценка точности координат в каждую эпоху.
4. Комбинирование всех решений. Оценка скорости годичного смещения пункта в программном пакете BERNESE.

**Работа 3. Построение ряда среднесуточных координат пункта спутниковых наблюдений (8 часов).**

1. Преобразование ряда пространственных прямоугольных геоцентрических координат в локальную топоцентрическую систему координат. Ви-

зуализация полученного ряда по трем компонентам: "Север-Юг", "Восток-Запад", "Зенит-Надир".

2. Поиск и удаление грубых ошибок в компонентах координатного ряда.

3. Оценка характеристик сезонных вариаций по всем компонентам ряда. Аппроксимация ряда для удаления годичной и полугодичной компонент сезонных вариаций.

4. Оценка среднегодовой скорости смещения пункта наблюдений по каждой компоненте и их средних квадратических ошибок.

5. Визуализация вектора смещения пункта в плане и по вертикальной компоненте. Построение эллипса ошибок с 95% доверительной вероятностью.

### **Тематика курсовых работ**

1. Эволюция орбиты ИСЗ под действием возмущающих факторов различной природы.

2. Решение задач геодинамики с использованием методов космической геодезии.

3. Определение основных параметров Земли с использованием методов космической геодезии.

4. Проектирование, организация и предварительная обработка спутниковых измерений.

5. Решение геодезических задач на основе использования спутниковых технологий.

6. Вопросы уравнивания наземных и космических геодезических сетей.

7. Использование ГНСС-измерений для мониторинга атмосферы Земли.

8. Получение характеристик современных движений земной коры по данным ГНСС-наблюдений.

### III. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «Космическая геодезия и геодинамика» представлено в Приложении 1 и включает в себя:

- план-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине, в том числе примерные нормы времени на выполнение по каждому заданию;
- характеристика заданий для самостоятельной работы обучающихся и методические рекомендации по их выполнению;
- требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы;
- критерии оценки выполнения самостоятельной работы.

### IV. КОНТРОЛЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ КУРСА

#### Раздел 1. Космическая геодезия

№ п/п	Контролируемые разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций		Оценочные средства	
				текущий контроль	Промежуточная аттестация
1	Тема 1. Системы координат и времени в космической геодезии	ПК-1 ПК-7	знает системы координат и измерения времени, используемые в астрономии и космической геодезии	Тест. Доклад по теме. Защита практической работы.	Устный опрос. Вопросы № 1-9
			умеет осуществлять создание космических геодезических построений методами космической геодезии		
			владеет методами создания опорных геодезических сетей методами космической геодезии		
2	Тема 2. Способы наблюдений ИСЗ	ПК-1 ПК-7	знает структуру, порядок функционирования и возможности использования	Доклад по теме.	Устный опрос. Вопросы

№ п/п	Контролируемые разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций	Оценочные средства		
			текущий контроль	Промежуточная аттестация	
			глобальных навигационных спутниковых систем умеет планировать и проводить высокоточные спутниковые измерения и их математическую обработку владеет методами интерпретации данных, получаемых методами космической геодезии		№ 10-16
3	Тема 3. Невозмущенное движение ИСЗ	ПК-1 ПК-7	знает системы координат и измерения времени, используемые в астрономии и космической геодезии умеет обеспечивать единую систему координат на территориях промышленных площадок, городов и других участков земной поверхности владеет методами интерпретации данных, получаемых методами космической геодезии	Тест. Доклад по теме. Защита практической работы.	Устный опрос. Вопросы № 17-26
4	Тема 4. Возмущенное движение ИСЗ	ПК-1 ПК-7	знает методы определения геофизических параметров Земли по данным космической геодезии, системы координат и измерения времени, используемые в космической геодезии умеет выполнять уравнивание и производить оценку точности пространственных геодезических сетей владеет методами математической обработки результатов полевых геодезических измерений	Тест. Доклад по теме. Защита практической работы.	Устный опрос. Вопросы №27-35
5	Тема 5 Геометрические и	ПК-1 ПК-7	теорию геометрических и динамических методов космической геодезии, внешнее гравитационное поле	Тест. Доклад по теме.	Устный опрос. Вопросы

№ п/п	Контролируемые разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций		Оценочные средства	
				текущий контроль	Промежуточная аттестация
	динамические задачи космической геодезии и методы их решения		<p>тационное поле и поле силы тяжести Земли и планет</p> <p>умеет выполнять уравнивание и производить оценку точности пространственных геодезических сетей</p> <p>владеет методами математической обработки результатов полевых геодезических измерений</p>	Защита практической работы.	№ 36-50
6	Современные методы космической геодезии	ПК-1 ПК-7	<p>знает структуру, порядок функционирования и возможности использования глобальных навигационных спутниковых систем, методы определения геофизических параметров Земли по данным космической геодезии</p> <p>умеет планировать и проводить высокоточные спутниковые измерения и их математическую обработку</p> <p>владеет методами определения параметров вращения Земли, изучения дрейфа литосферных плит, изучения других геодинамических процессов по данным космической геодезии</p>	Тест. Доклад по теме. Защита практической работы.	Устный опрос. Вопросы №51-65

## Раздел 2. Геодинамика

№ п/п	Контролируемые разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций		Оценочные средства	
				Текущий контроль	Промежуточная аттестация
1	Основные положения тектоники плит	ПК-1 ПК-7	знает особенности развития процессов деформаций и смещений природных и инженерных объектов	Экспресс-опрос. Обсуждение статьи.	Устный опрос. Вопросы № 1-5

			<p>умеет проводить геодезический мониторинг инженерных сооружений и опасных геологических и тектонических процессов</p> <p>владеет методами изучения изменений во времени поверхности Земли и её внешнего гравитационного поля</p>		
2	Тема 2. Движения земной коры		<p>знает физику процессов, инициирующих современные движения земной коры</p> <p>умеет оценивать характеристики движений земной коры</p> <p>владеет методами мониторинга и оценки параметров, характеризующих современные движения земной коры</p>	Экспресс-опрос. Обсуждение статьи. Сдача лабораторной работы №1	Устный опрос. Вопросы № 6-7
3	Тема 3. Геодинамические активные зоны		<p>знает физические процессы, происходящие в геодинамически активных зонах</p> <p>умеет анализировать данные различных средств геофизического мониторинга</p> <p>владеет средствами и методами исследования процессов, происходящих в геодинамически активных зонах</p>	Экспресс-опрос. Обсуждение статьи.	Устный опрос. Вопросы № 8-9
4	Тема 4. Геодинамические процессы		<p>знает физику геодинамических процессов</p> <p>умеет анализировать данные наблюдений, позволяющих осуществлять мониторинг геодинамических процессов</p> <p>владеет методами и технологиями математического моделирования таких процессов</p>	Экспресс-опрос. Обсуждение статьи. Сдача лабораторной работы №2, 3	Устный опрос. Вопросы № 10-11

5	Влияние геодинамической активности на гидросферу и атмосферу	знает физические основы такого влияния	Экспресс-опрос. Обсуждение статьи.	Устный опрос. Вопросы № 12-13
		умеет получать и обрабатывать данные геодезических и иных видов наблюдений за такими процессами		
		владеет методами и средствами анализа воздействия геодинамической активности на гидросферу и атмосферу		

Типовые контрольные задания, методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности, а также критерии и показатели, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы, представлены в Приложении 2.

## V. СПИСОК УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Основная литература

*(электронные и печатные издания)*

1. Геология. Книга 2. Геодинамика. Учебник. Издательство: Российский государственный гидрометеорологический университет. Мохнач М.Ф., Прокофьева Т.И. 2011 <http://www.iprbookshop.ru/17904.html>

2. Герасименко М.Д., Карабцова З.М. Высшая геодезия (основные геодезические работы). Учебное пособие – Издательство Дальневосточного университета, Владивосток, 2004.

3. Егоров А.С. Физика Земли [Электронный ресурс] : учебник / А.С. Егоров. — Электрон. текстовые данные. — СПб. : Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», 2015. — 280 с. <http://www.iprbookshop.ru/71707.html>

4. Каморный В.М. Высшая геодезия. Раздел «Сфероидическая геодезия»: учебное пособие. – Владивосток: Изд-во Дальневост. ун-та, 2005.

5. Кузьмин Ю.О., Жуков В.С. Современная геодинамика и вариации физических свойств горных пород М.: Издательство "Горная книга". 2012. 2-е изд., стер. 264 с. <https://e.lanbook.com/book/66437>

6. Основы космической геодезии : учебное пособие / В. М. Каморный ; Дальневосточный государственный университет. Владивосток : Изд-во Дальневосточного университета , 2005.

7. Основы прогноза землетрясений : [учебное пособие] / М. Д. Герасименко, Н. В. Шестаков, З. М. Карабцова ; Дальневосточный государственный университет. Владивосток : Изд-во Дальневосточного университета , 2008.

8. Основы космической геодезии : программа и лабораторно-практическая работа / Дальневосточный федеральный университет ; [сост. В. М. Каморный]. Владивосток : Изд-во Дальневосточного федерального университета, 2011.

<http://elib.dvfu.ru/vital/access/manager/Repository/vtls:000874399>

9. Павлов А.Н. Геофизика. Тема 5. Пространство и время в науках о Земле. Тема 6. Взаимодействие геосфер [Электронный ресурс] : конспект лекций / А.Н. Павлов. — Электрон. текстовые данные. — СПб. : Российский государственный гидрометеорологический университет, 2004. — 78 с. <http://www.iprbookshop.ru/17907.html>

10. Павлов А.Н. Геофизика. Тема 7. Взаимодействие океана и литосферы. Тема 8. Взаимодействие атмосферы и суши. Тема 9. Общая теория развития литосферы [Электронный ресурс] : конспект лекций / А.Н. Павлов. — Электрон. текстовые данные. — СПб. : Российский государственный гидрометеорологический университет, 2006. — 116 с. <http://www.iprbookshop.ru/17908.html>

11. Попов В.Н. Геодезия и маркшейдерия: учебное пособие.— Электрон. текстовые данные.— М.: Горная книга, 2010.— 452 с. Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/6700>

**Дополнительная литература**  
(электронные и печатные издания)

2. Геодинамические процессы и природные катастрофы: учеб. пос. /Т. К. Злобин; Сахалинский государственный университет, Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН. Южно-Сахалинск: изд-во Сахалинского университета, 2010. 228 с.(2 экз.)

<https://lib.dvfu.ru:8443/lib/item?id=chamo:425646&theme=FEFU>

3. Герасименко М.Д., Карабцова З.М. Высшая геодезия (основные геодезические работы). Учебное пособие – Издательство Дальневосточного университета, Владивосток, 2004.

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:6574&theme=FEFU>

2. Курс высшей геодезии : учебник для студентов геодезических специальностей вузов / П. С. Закатов. Москва : Недра, 1976.511 с.  
<https://lib.dvfu.ru:8443/lib/item?id=chamo:244605&theme=FEFU>

4. Каморный В.М. Высшая геодезия. Раздел «Сфероидическая геодезия»: учебное пособие. – Владивосток: Изд-во Дальневост. ун-та, 2005.

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:235266&theme=FEFU>

5. Левин Б. В., Носов М. А.. Физика цунами и родственных явлений в океане. -М: Янус-К, 2005. 360 с.

<https://lib.dvfu.ru:8443/lib/item?id=chamo:253790&theme=FEFU>

6. Магницкий В.А. Внутреннее строение и физика Земли. -М.: Наука, 2006. 390 с. <https://lib.dvfu.ru:8443/lib/item?id=chamo:270299&theme=FEFU>

7. Никонов А.А. Современные движения земной коры. 2-е изд., -М.: URSS, 2006. 192 с. (фундаментальная библиотека ДВФУ (1 экз.)).

<https://lib.dvfu.ru:8443/lib/item?id=chamo:244998&theme=FEFU>

8. Павлов А.Н. Геофизика. Тема 5. Пространство и время в науках о Земле. Тема 6. Взаимодействие геосфер [Электронный ресурс] : конспект лекций / А.Н. Павлов. — Электрон. текстовые данные. — СПб. : Российский государственный гидрометеорологический университет, 2004. — 78 с. <http://www.iprbookshop.ru/17907.html>

9. Основы космической геодезии : учебное пособие / В. М. Каморный ; Дальневосточный государственный университет. Владивосток : Изд-во Дальневосточного университета , 2005.

<https://lib.dvfu.ru:8443/lib/item?id=chamo:235195&theme=FEFU>

10. Основы прогноза землетрясений : [учебное пособие] / М. Д. Герасименко, Н. В. Шестаков, З. М. Карабцова ; Дальневосточный государственный университет. Владивосток : Изд-во Дальневосточного университета , 2008.

<https://lib.dvfu.ru:8443/lib/item?id=chamo:269163&theme=FEFU5>.

11. Павлов А.Н. Геофизика. Тема 7. Взаимодействие океана и литосферы. Тема 8. Взаимодействие атмосферы и суши. Тема 9. Общая теория развития литосферы [Электронный ресурс] : конспект лекций / А.Н. Павлов. — Электрон. текстовые данные. — СПб. : Российский государственный гидрометеорологический университет, 2006. — 116 с. <http://www.iprbookshop.ru/17908.html> 11. Попов В.Н. Геодезия и маркшейдерия: учебное пособие.— Электрон. текстовые данные.— М.: Горная книга, 2010.— 452 с. Режим доступа:<http://www.iprbookshop.ru/6700>

12. Серапинас Б.Б. Глобальные системы позиционирования: Учебное издание. – М.: ИКФ «Каталог», 2002.

<http://epizodsspace.airbase.ru/bibl/serapinas/globalnoe/serapinas-globalnye-2002.pdf>

13. Глобальные проблемы позиционирования : [учебное издание] / Б. Б. Серапинас. Москва 2002. 104 с.

14. Яковлев Н.В., Беспалов Н.А., Глумов В.П. и др. Практикум по высшей геодезии. – 2-е издание стереотипное. – М.: ООО ИД «Альянс», 2007.

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:283544&theme=FEFU>.

### **Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»**

1. Космическая геодезия для студентов и аспирантов - <http://spacegeodesy.ru/index.html>.
2. Сайт ГИС-ассоциации. Публикации - <http://www.gisa.ru/publicat.html>
3. Информационно-аналитический центр контроля ГЛОНАСС и GPS - <https://www.glonass-iac.ru/>
4. НП «ГЛОНАСС» - <http://glonassunion.ru/>
5. Official U.S. Government information about the Global Positioning System (GPS) and related topics - <http://www.gps.gov/>
6. Журнал Geophysical Research Letters. <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/journal/19448007>
7. Журнал Journal Geophysical Research: Solid Earth. <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/journal/21699356>.
8. Журнал Geophysical Journal International. <https://academic.oup.com/gji>.

## **VI. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

Изучение дисциплины «Космическая геодезия и геодинамика» выполняется с учетом следующего.

Вся основная теоретическая база излагается на лекциях, но поскольку аудиторных часов лекций в соответствии с ФГОС составляет гораздо меньшую часть аудиторной нагрузки, то для усвоения материала студентам предлагается самостоятельное более глубокое изучение теоретического материала.

Студент в течении семестра должен самостоятельно найти и проработать информацию, используя все лекции, предложенный преподавателем

гlossарий, рекомендованную учебно-методическую литературу и информацию из интернетовских источников для формирования собственных ответов по самоконтролю. Преподаватель контролирует результат устным опросом.

Для самостоятельной работы по теоретической части курса студенту предлагается подготовить доклад по теме исследований, с которым он должен выступить на семинарских занятиях.

Практическая часть курса должна быть представлена практическими работами, на которых студент выполняет задания с использованием компьютера и проработкой теоретического материала. В процессе сдачи практической работы преподавателю студент защищает ее результаты, отвечая на теоретические вопросы, связанные с выполнением работы, излагает алгоритм вычислений и обоснование правильности результатов.

В течение семестра студенту предлагается самостоятельно подготовиться к тестированию. Используя конспект лекций, предложенный преподавателем гlossарий, рекомендованную учебно-методическую литературу и информацию из интернетовских источников студент должен проработать информацию для формирования собственных ответов.

В конце семестра студент готовится к промежуточной аттестации - сдаче экзамена, при этом для подготовки используется список контрольных вопросов к экзамену.

Экзамен выставляется в общей совокупности с учетом зачтенных практических работ, выполненной самостоятельной работы – зачтенных докладов и результатов тестирования.

От студентов требуется посещение лекций и практических занятий, обязательное участие в аттестационных испытаниях. Особо ценится активное участие в самостоятельной работе, а также качество контрольных работ.

Для успешной работы студент должен освоить предыдущий материал и ознакомиться с заданной преподавателем литературой, активно участвовать при обсуждении рефератов, вынесенных на самостоятельное изучение тем и

уметь правильно оформить документацию, а также грамотно изложить основные идеи прочитанной литературы.

Преподаватель строит занятия в следующей последовательности:

- теоретическая часть;
- решение соответствующей практической задачи;
- предложение подобной самостоятельной задачи (вначале за партой, а затем одному из студентов – у доски), в ходе самостоятельного решения объясняются возможные ошибки;
- комментарии возможной области приложения похожих задач в прямой специальности.

Лектор стимулирует развитие самостоятельного мышления у студентов различными педагогическими приемами.

Практическая часть курса «Космическая геодезия и геодинамика» полностью согласована с теоретической частью курса. Темы практических занятий выбраны с таким расчетом, чтобы обеспечить приобретение студентами основных навыков в выполнении исследований и расчетов. После выполнения практических работ (итогом которых является написание студентами отчета) проводится итоговое собеседование с обсуждением целей, задач и содержания выполненных работ.

Изучение тем рекомендуется в последовательности, рекомендованной структурой данной Рабочей программы учебной дисциплины.

Приступить к освоению дисциплины следует в самом начале учебного семестра. Рекомендуется изучить структуру и основные положения Рабочей программы учебной дисциплины (РПУД). Обратит внимание, что кроме аудиторной работы (лекции, практические занятия) планируется самостоятельная работа, результаты которой влияют на окончательную оценку по итогам освоения учебной дисциплины. Все аудиторные и самостоятельные задания необходимо выполнять и предоставлять на оценку в соответствии с планом-графиком.

Использование материалов РПУД.

Для успешного освоения дисциплины следует использовать содержание разделов Рабочей программы учебной дисциплины: лекционного курса, материалов практических занятий, методических рекомендаций по организации самостоятельной работы студентов, глоссария, перечня учебной литературы и других источников информации, контрольно-измерительных материалов (опросы, вопросы зачета), а также дополнительных материалов.

#### Рекомендации по подготовке к лекционным и практическим занятиям.

Успешное освоение дисциплины предполагает активное участие студентов на всех этапах ее освоения. Изучение дисциплины следует начинать с проработки содержания рабочей программы и методических указаний.

При изучении и проработке теоретического материала студентам необходимо:

- повторить законспектированный на лекционном занятии материал и дополнить его с учетом рекомендованной по данной теме литературы;
- перед очередной лекцией просмотреть конспект предыдущего занятия;
- при самостоятельном изучении темы сделать конспект, используя рекомендованные в РПУД литературные источники. В случае, если возникли затруднения, обратиться к преподавателю в часы консультаций или на практическом занятии.

Основной целью проведения практических занятий является систематизация и закрепление знаний по изучаемой теме, формирование умений самостоятельно работать с дополнительными источниками информации, аргументировано высказывать и отстаивать свою точку зрения.

При подготовке к практическим занятиям студентам необходимо:

- повторить теоретический материал по заданной теме;
- продумать формулировки вопросов, выносимых на обсуждение;
- использовать не только конспект лекций, но и дополнительные источники литературы, рекомендованные преподавателем.

При подготовке к текущему контролю использовать материалы РПУД (Приложение 2. Фонд оценочных средств).

При подготовке к промежуточной аттестации, использовать материалы РПУД (Приложение 2.Фонд оценочных средств).

На самостоятельную работу выносятся подготовка к практическим занятиям.

При подготовке к практическим занятиям необходимо ознакомиться с материалами из основной и дополнительной литературы, выучить основной теоретический материал по теме, при необходимости, воспользоваться литературой на русском языке и/или источниками в информационно-телекоммуникационной сети «Интернет».

## **VII. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Для осуществления образовательного процесса по дисциплине «Космическая геодезия и геодинамика» для учащихся предоставлено следующее материально-техническое обеспечение:

- учебная аудитория на 15 мест с мультимедийным проектором для чтения лекций;
- компьютерные программы Magnet Office Tools, Credo, BERNESE 5.2, TEQC, TECSUITE в компьютерном классе.
- библиотечный фонд кафедры: учебники, справочные пособия, архивные материалы, лекции в виде презентаций, иллюстрации, медиа-файлы (фото, видео);
- предусмотренные программой геодезические приборы и инструменты.

Наименование оборудованных учебных кабинетов, объектов для проведения занятий с перечнем основного оборудования и помещений для самостоятельной работы	Адрес (местоположение) учебных кабинетов, объектов для проведения практических занятий, объектов физической культуры и спорта
LSD панель Samsung 50 дюймов FullHD Smart TV. Специализированный компьютер с программным обеспечением	г. Владивосток, ул. Радио 7

Наименование оборудованных учебных кабинетов, объектов для проведения занятий с перечнем основного оборудования и помещений для самостоятельной работы	Адрес (местоположение) учебных кабинетов, объектов для проведения практических занятий, объектов физической культуры и спорта
<p>Мультимедийная аудитория:  Экран с электроприводом 236*147 см Trim Screen Line;  Проектор DLP, 3000 ANSI Lm, WXGA 1280x800, 2000:1 EW330U Mitsubishi; Подсистема специализированных креплений оборудования CORSA-2007 Tuarex; Подсистема видеокмутации: матричный коммутатор DVI DXP 44 DVI Pro Extron; удлинитель DVI по витой паре DVI 201 Tx/Rx Extron; Подсистема аудиокоммутации и звукоусиления; акустическая система для потолочного монтажа SI 3CT LP Extron; цифровой аудиопроцессор DMP 44 LC Extron; расширение для контроллера управления IPL T CR48.</p>	<p>г. Владивосток, о. Русский, п. Аякс д.10, корпус Е</p>
<p>Нивелир CST/Berger SAL 20 ND (СИИА) 2.5 мм.на км.дв.хода (10шт.). Оптический нивелир DSZ3-A32X (6 шт.). Теодолит электронный CST/Berger DGT 10 (15 шт.). Дальномер лазерный Leica DISTO A3. Дальномер лазерный Leica DISTO A5. Электронный тахеометр Topcon GTS-235N. Электронный тахеометр Topcon GPT-3007N. Веха VEGA P25T (2шт.). Отражатель VEGASP02T с маркой (4 шт.). Нивелир с компенсатором НЗ (10 шт.). Электронный тахеометр Leica TCR 405 (6 шт.). ГНСС приемник Topcon Gb-1000 3 шт. ГНСС приемник PrinCe i80.]*</p>	<p>г. Владивосток, о. Русский, п. Аякс д.10, Научно-геодезический полигон «Островной»</p>
<p>Моноблок HP ProOne 400 All-in-One 19,5 (1600x900), Core i3-4150T, 4GB DDR3-1600 (1x4GB), 1TB HDD 7200 SATA, DVD+/-RW, GigEth, Wi-Fi, BT, usbkbd/mse, Win7Pro (64-bit)+Win8.1 Pro (64-bit), 1-1-1 Wty.  Скорость доступа в Интернет 500 Мбит/сек. Рабочие места для людей с ограниченными возможностями здоровья оснащены дисплеями и принтерами Брайля; оборудованы: портативными устройствами для чтения плоскочечатных текстов, сканирующими и читающими машинами видеоувеличителем с возможностью регуляции цветовых спектров; увеличивающими электронными лупами и ультразвуковыми маркировщиками.</p>	<p>г. Владивосток, о. Русский, п. Аякс д.10, корпус А, уровень 10. Читальные залы Научной библиотеки ДВФУ с открытым доступом к фонду</p>

В целях обеспечения специальных условий обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в ДВФУ все здания оборудованы пандусами, лифтами, подъемниками, специализированными местами, оснащенными туалетными комнатами, табличками информационно-навигационной поддержки.



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
**«Дальневосточный федеральный университет»**  
(ДФУ)

---

**ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА**

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ  
РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ**  
по дисциплине «Космическая геодезия и геодинамика»  
специальность 21.05.01 Прикладная геодезия  
специализация «Инженерная геодезия»  
Форма подготовки очная

**Владивосток**  
**2016**

## План-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине

### Раздел «Космическая геодезия»

№ п/п	Дата/сроки выполнения	Вид самостоятельной работы	Примерные нормы времени на выполнение	Форма контроля
<b>8 семестр</b>				
1	1-9 неделя	Подготовка к практическому занятию по теме: «Вычисление элементов оскулирующей орбиты»	9 час.	Выполненное задание, письменный отчет по практической работе и его устная защита
2	9-11 неделя	Подготовка к практическому занятию по теме: «Вычисление прямоугольных координат спутника в небесной системе координат (НСК)»	3 час.	Выполненное задание, письменный отчет по практической работе и его устная защита
3	10-12 неделя	Подготовка к практическому занятию по теме: «Вычисление прямоугольных координат X, Y, Z в общеземной системе координат (ОЗСК)»	3 час.	Выполненное задание, письменный отчет по практической работе и его устная защита
4	1-3 неделя	Подготовка докладов по теме: «Системы координат и времени в космической геодезии»	3 час.	Доклад с презентацией, участие в обсуждении
5	4-6 неделя	Подготовка докладов по теме: «Невозмущенное движение ИСЗ»	3 час.	Доклад с презентацией, участие в обсуждении
6	7-9 неделя	Подготовка докладов по теме: «Возмущенное движение ИСЗ»	3 час.	Доклад с презентацией, участие в обсуждении
7	10-12 неделя	Подготовка докладов по теме: «Геометрические и динамические задачи космической геодезии»	3 час.	Доклад с презентацией, участие в обсуждении
8	13-15 неделя	Подготовка докладов по теме: «Современные методы космической геодезии»	3 час.	Доклад с презентацией, участие в обсуждении
9	15-16 неделя	Подготовка докладов по теме: «Решение задач геодинамики и определение основных параметров Земли»	3 час.	Доклад с презентацией, участие в обсуждении
10	1-2 неделя	Самостоятельное изучение материала по темам: «Системы звездного и всемирного времени»	3 час.	Конспект, ответы на контрольном опросе и тестировании
11	7-8 неделя	Самостоятельное изучение	3 час.	Конспект, ответы на

№ п/п	Дата/сроки выполнения	Вид самостоятельной работы	Примерные нормы времени на выполнение	Форма контроля
		материала по темам: «Основные методы численного интегрирования уравнений возмущенного движения ИСЗ»		контрольном опросе и тестировании
12	9-10 неделя	Самостоятельное изучение материала по теме «Точность определения пунктов в элементарных фигурах и сетях спутниковой триангуляции»	3 час.	Конспект, ответы на контрольном опросе и тестировании
13	11 неделя	Самостоятельное изучение материала по темам: «Определение основных параметров Земли»	3 час.	Конспект, ответы на контрольном опросе и тестировании
14	12 неделя	Самостоятельное изучение материала по теме «Методы решения задач геодинамики»	3 час.	Конспект, ответы на контрольном опросе и тестировании
15	3 неделя	Самостоятельное изучение материала по теме «Способы наблюдений ИСЗ»	3 час.	Конспект, ответы на контрольном опросе
16	3-я неделя, 5-я неделя, 8-я неделя, 10-я неделя, 12-я неделя	Подготовка к контрольному тестированию	5 час.	Ответы на контрольном тестировании
17	1-14 неделя	Подготовка курсовой работы	61 час.	Курсовая работа, доклад с презентацией, защита курсовой работы, участие в обсуждении
18	17-18 неделя	Подготовка к экзамену	27 час.	Экзамен
		Итого часов	144 час.	

### Раздел «Геодинамика»

№ п/п	Дата/сроки выполнения	Вид самостоятельной работы	Примерные нормы времени на выполнение час.	Форма контроля
		<b>9 семестр</b>		
1	1-2 неделя	Самостоятельное изучение материала по теме: «Основные положения тектоники плит»	8	Доклад. Обсуждение прочитанной научной статьи.

№ п/п	Дата/сроки выполнения	Вид самостоятельной работы	Примерные нормы времени на выполнение час.	Форма контроля
2	3-4 неделя	Самостоятельное изучение материала по теме: «Движения земной коры»	7	Доклад. Обсуждение прочитанной научной статьи.
3	5-6 неделя	Самостоятельное изучение материала по теме: «Геодинамические активные зоны»	7	Доклад. Обсуждение прочитанной научной статьи.
4	7-8 неделя	Самостоятельное изучение материала по теме: «Геодинамические процессы»	7	Доклад. Обсуждение прочитанной научной статьи.
5	9-10 неделя	Самостоятельное изучение материала по теме: «Влияние геодинамической активности на гидросферу и атмосферу»	7	Доклад. Обсуждение прочитанной научной статьи.
6	11-12 неделя	Подготовка к экзамену	36	Экзамен
		Итого часов	72	

1. Студентам предлагается самостоятельно подготовиться к защите выполненных практических работ. Для этого студент должен проработать теоретическую основу работы и методику ее выполнения.

Самостоятельная работа по практической работе считается выполненной и зачтенной в случае правильного изложения алгоритма выполнения работы и аргументированного обоснования результата при защите практической работы.

2. При реализации программы дисциплины «Космическая геодезия и геодинамика» используются как традиционные технологии в виде аудиторных занятий, состоящих из лекционных и практических занятий, так и компьютерные – при проведении расчетных работ и тестировании остаточных знаний студентов. Самостоятельная работа студентов подразумевает работу под руководством преподавателей (консультация и помощь при выполнении расчетно-графических работ), и индивидуальную работу студентов в компьютерном классе и библиотеке университета.

Наряду с практическими занятиями дополнительными формами самостоятельной работы являются домашние индивидуальные задания.

Домашние задания являются, как правило, продолжением практических занятий и содействуют овладению практическими навыками по основным разделам дисциплины.

В качестве самостоятельной работы предусмотрено прочтение научных статей и подготовка докладов по следующим примерным темам

**Раздел «Космическая геодезия»:**

- системы координат и времени в космической геодезии,
- невозмущенное движение ИСЗ,
- возмущенное движение ИСЗ,
- геометрические и динамические задачи космической геодезии,
- современные методы космической геодезии.

**Раздел «Геодинамика»:**

- Точность определения параметров современных движений земной коры по геодезическим данным,
- Мегаземлетрясения и их влияние на движение литосферных плит.
- Постсейсмические движения земной коры и их роль в сейсмическом цикле.
- Постледниковая отдача и ее влияние на точность определения вертикальных движений земной коры.
- Перемещающиеся ионосферные возмущения, вызванные сильными землетрясениями.

Предусмотрена следующая тематика докладов:

**Раздел «Космическая геодезия»:**

1. Системы звездного и всемирного времени.
2. Определение элементов предварительной орбиты из наблюдений.
3. Уравнения Лагранжа и Ньютона для окулирующих элементов орбиты и их особенности.

4. Приближенное аналитическое интегрирование уравнений движения ИСЗ.

5. Основные методы численного интегрирования уравнений возмущенного движения ИСЗ.

6. Возмущающая функция геопотенциала.

7. Негеопотенциальные возмущающие функции.

8. Составляющие возмущающего ускорения, вызванного атмосферным торможением.

9. Виды условий, возникающие в спутниковой триангуляции.

10. Уравнивание спутниковой триангуляции.

11. Уравнивание геодезических сетей, построенных орбитальным методом.

12. Точность определения пунктов в элементарных фигурах и сетях спутниковой триангуляции.

13. Общие динамические задачи космической геодезии. Алгоритм решения.

14. Светолокация Луны. Принципы решения уравнений светолокации Луны.

#### **Раздел «Геодинамика»:**

Текущая тематика ежегодно определяется преподавателем на основе анализа содержания приведенных в списке Интернет-источников ведущих мировых журналов по разделам курса.

Предусматривается тематика докладов по выбору студента при согласовании с преподавателем.

Доклад подготавливается в рукописном варианте в отдельной тетради объемом 30-40 страниц с приведением необходимых рисунков, чертежей (выполненных не от руки) и формул. При написании формул, заимствованных из литературных источников, обязательна ссылка на список использованной литературы, перечень которой приводится в конце доклада. Не до-

пускаются исправления «текст по тексту», оформление текстовой части, чертежей и рисунков в работе карандашом.

Каждый студент готовит не менее одного доклада, который обсуждается на занятиях группы. Для доклада используется презентации, подготовленные в Microsoft PowerPoint или в других программных оболочках. Допускается использование плакатов или другой наглядной продукции для доклада содержания выполненной работы.

Студентам предлагается самостоятельно ответить на вопросы для самоконтроля. При этом студент должен самостоятельно найти информацию для ответа, используя лекции, рекомендованную учебно-методическую литературу и информацию из интернет-источников.

Самостоятельная работа над вопросами самоконтроля может быть проверена с помощью устного опроса. Самостоятельная работа считается выполненной в случае 100%-61% правильных ответов.

Студент должен самостоятельно проработать информацию, используя все лекции, глоссарий, рекомендованную учебно-методическую литературу и информацию из интернетовских источников для ответов по контрольным вопросам при тестировании. Тестирование считается выполненным в случае 100%-61% правильных ответов

Таким образом, в общей совокупности при выполнении всей самостоятельной работы студент готовится к контрольным работам, тестированию и в конечном счете – к экзамену.



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
**«Дальневосточный федеральный университет»**  
(ДФУ)

---

**ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА**

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**  
**по дисциплине «Космическая геодезия и геодинамика»**  
**Специальность 21.05.01 Прикладная геодезия**  
**специализация «Инженерная геодезия»**  
**Форма подготовки очная**

**Владивосток**  
**2016**

## ПАСПОРТ ФОС

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
<p><b>ПК-1</b> способность к топографо-геодезическому обеспечению изображения поверхности Земли в целом, отдельных территорий и участков земной поверхности наземными и аэрокосмическими методами, в том числе, владение методами полевых и камеральных работ по созданию, развитию и реконструкции государственных геодезических, нивелирных, гравиметрических сетей, а также координатных построений специального назначения</p>	Знает	теорию геометрических и динамических методов космической геодезии, внешнее гравитационное поле и поле силы тяжести Земли и планет
	Умеет	осуществлять создание космических геодезических построений методами космической геодезии (государственная геодезическая сеть, сети специального назначения)
	Владеет	методами интерпретации данных, получаемых методами космической геодезии, методами определения геофизических параметров Земли по данным космической геодезии, системы координат и измерения времени, используемые в космической геодезии
<p><b>ПК-7</b> способность к изучению динамики изменения поверхности Земли геодезическими методами и владение методами наблюдения за деформациями инженерных сооружений</p>	Знает	структуру, порядок функционирования и возможности использования глобальных навигационных спутниковых систем для изучения динамики изменения поверхности Земли; внутреннее строение Земли, физические основы протекающих на Земле геодинамических процессов
	Умеет	планировать и проводить высокоточные спутниковые измерения и их математическую обработку; умеет обрабатывать данные постоянных и периодических наблюдений, выполненных методами глобального спутникового позиционирования и визуализировать их результаты.
	Владеет	методами определения параметров вращения Земли, изучения и моделирования дрейфа литосферных плит, изучения других геодинамических процессов по данным космической геодезии

## Шкала оценивания уровня сформированности компетенций

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции		Критерии	Показатели	Оценочные средства
ПК-1 - способность к топографо-геодезическому обеспечению изображения поверхности Земли в целом, отдельных территорий и участков земной поверхности наземными и аэрокосмическими методами, в том числе, владением методами полевых и камеральных работ по созданию, развитию и реконструкции государственных геодезических, нивелирных, гравиметрических сетей, а также координатных построений специального назначения	знает (пороговый уровень)	студент имеет представление о методах полевых и камеральных работ по созданию, развитию и реконструкции государственных геодезических, нивелирных, гравиметрических сетей, а также методах топографо-геодезического обеспечения изображения поверхности Земли в целом, отдельных территорий и участков земной поверхности наземными и аэрокосмическими методами	Знания о задачах, основных типах методах полевых и камеральных работ по созданию, развитию и реконструкции государственных геодезических, нивелирных, гравиметрических сетей, а также методах топографо-геодезического обеспечения изображения поверхности Земли в целом, отдельных территорий и участков земной поверхности наземными и аэрокосмическими методами	знания полностью сформированы  с незначительными пробелами  нечеткие знания  отрывочные знания	Отлично  Хорошо  Удовлетворительно  Неудовлетворительно
	умеет (продвинутой)	студент должен продемонстрировать способность применять методы полевых и камеральных работ по созданию, развитию и реконструкции государственных геодезических, нивелирных, гравиметрических сетей, а также методы топографо-геодезическому обеспечению изображения поверхности Земли в целом, отдельных территорий и участков земной поверхности наземными и аэрокосмическими методами	Умеет применять методы полевых и камеральных работ по созданию, развитию и реконструкции государственных геодезических, нивелирных, гравиметрических сетей, а также методы топографо-геодезическому обеспечению изображения поверхности Земли в целом, отдельных территорий и участков земной поверхности наземными и аэрокосмическими методами	Умеет применять без ошибок  с небольшими недостатками  с большим количеством ошибок  подготовленные материалы не подлежат исправлению	Отлично  Хорошо  Удовлетворительно  Неудовлетворительно

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции		Критерии	Показатели	Оценочные средства
	владеет (высокий)	студент должен продемонстрировать умение самостоятельно владеть навыками топографо-геодезического обеспечения изображения поверхности Земли в целом, отдельных территорий и участков земной поверхности наземными и аэрокосмическими методами, в том числе, владеть методами полевых и камеральных работ по созданию, развитию и реконструкции государственных геодезических, нивелирных, гравиметрических сетей, а также координатных построений специального назначения	ми Владеет способностью самостоятельно владеть навыками топографо-геодезического обеспечения изображения поверхности Земли в целом, отдельных территорий и участков земной поверхности наземными и аэрокосмическими методами, в том числе, владеть методами полевых и камеральных работ по созданию, развитию и реконструкции государственных геодезических, нивелирных, гравиметрических сетей, а также координатных построений специального назначения	Может полностью самостоятельно выполнять все этапы моделирования и оценочных работ  с небольшими недостатками  Владеет нечеткими навыками  Не владеет навыками	Отлично  Хорошо  Удовлетворительно  Неудовлетворительно
ПК-7 способность к изучению динамики изменения поверхности Земли геодезическими методами и владение методами наблюдения за деформациями инженерных сооружений	знает (пороговый уровень)	студент имеет представление об основных положениях теории и практики обеспечения единой системы координат на территориях промышленных площадок, городов и других участков земной поверхности	Знания об основных положениях теории и практики обеспечения единой системы координат на территориях промышленных площадок, городов и других участков земной поверхности	знания полностью сформированы  с незначительными пробелами  нечеткие знания  отрывочные знания	Отлично  Хорошо  Удовлетворительно  Неудовлетворительно
	умеет (продвинутый)	студент должен продемонстрировать способность выполнять работы по обеспечению единой системы координат на территориях промышленных площадок, городов и других участков	Умеет выполнять работы по обеспечению единой системы координат на территориях промышленных площадок, городов и дру-	Умеет применять без ошибок  с небольшими недостатками  с большим количеством	Отлично  Хорошо  Удовлетворительно

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции		Критерии	Показатели	Оценочные средства
		земной поверхности	гих участков земной поверхности	ошибок  Подготовленные материалы не подлежат исправлению	Неудовлетворительно
	владеет (высокий)	студент должен продемонстрировать умение самостоятельно обеспечивать единую систему координат на территориях промышленных площадок, городов и других участков земной поверхности	Владеет способностью самостоятельно обеспечивать единую систему координат на территориях промышленных площадок, городов и других участков земной поверхности	Может полностью самостоятельно выполнять все этапы моделирования и оценочных работ  с небольшими недостатками  Владеет нечеткими навыками  Не владеет навыками	Отлично  Хорошо  Удовлетворительно  Неудовлетворительно
ОПК-7 - способность участвовать в проведении научно-исследовательских работ и научно-технических разработок	знает (пороговый уровень)	студент имеет представление об основных положениях теории и практики обеспечения единой системы координат на территориях промышленных площадок, городов и других участков земной поверхности	Знания о способах проведения научно-исследовательских работ и научно-технических разработок	знания полностью сформированы  с незначительными пробелами  нечеткие знания  отрывочные знания	Отлично  Хорошо  Удовлетворительно  Неудовлетворительно
	умеет (продвинутый)	студент должен продемонстрировать способность выполнять работы по обеспечению единой системы координат на территориях промышленных площадок, городов и других участков земной поверхности	Умеет проводить научно-исследовательские работы и научно-технические разработки	Умеет применять без ошибок  с небольшими недостатками  с большим количеством ошибок  Подготовленные материалы не подлежат исправлению	Отлично  Хорошо  Удовлетворительно  Неудовлетворительно
	владеет (высокий)	студент должен продемонстрировать умение самостоятельно обеспечивать единую систему координат на территориях промышленных	Владеет способностью участвовать в проведении научно-исследовательских работ и	Может полностью самостоятельно выполнять все этапы моделирования и оценочных работ	Отлично

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции		Критерии	Показатели	Оценочные средства
		площадок, городов и других участков земной поверхности	научно-технических разработок	с небольшими недостатками  Владеет нечеткими навыками  Не владеет навыками	Хорошо  Удовлетворительно  Неудовлетворительно

### **Методические рекомендации, определяющие процедуры оценивания результатов освоения дисциплины**

Критерии оценивания контрольных практических и лабораторных работ:

Результат	Правильный ответ на 86 - 100% вопросов	Правильный ответ на 76-85% вопросов	Правильный ответ на 61-75% вопросов	Правильный ответ на менее 51% вопросов
Оценка по рейтингу за контрольную работу	баллов	баллов	баллов	0 баллов

Критерии оценивания устных опросов:

Результат	Полное знание вопросов предыдущей темы	Знание вопросов предыдущей темы с незначительными неточностями	Студент в состоянии ответить на 50% вопросов по предыдущей теме	Знает менее 50% материала
Оценка по рейтингу за занятие	5 баллов	4 балла	3 балла	0 баллов

Критерии оценивания докладов и семинаров:

Результат	Полное раскрытие темы	Тема раскрыта с незначительными неточностями	Тема раскрыта, но имеются ошибки	Тема не раскрыта
Оценка по рейтингу за семинар	10 баллов	7 баллов	3 балла	0 баллов

## **Текущая аттестация студентов.**

Текущая аттестация студентов по дисциплине «Космическая геодезия и геодинамика» проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной.

Текущая аттестация по дисциплине «Космическая геодезия и геодинамика» проводится в форме контрольных мероприятий (контрольные опросы; защита контрольной работы, самостоятельной работы, устного опроса на экзамене) по оцениванию фактических результатов обучения студентов и осуществляется ведущим преподавателем.

Объектами оценивания выступают:

- степень усвоения теоретических знаний (положительные зачетные результаты тестирования считаются при 100% - 61% правильных ответов);

- уровень овладения практическими умениями и навыками (выполнение контрольной работы считается зачетной при правильном выполнении расчетной части и уверенных и корректных комментариев методики ее получения);

- зачет выставляется при наличии зачетной контрольной работы, промежуточных контрольных вопросов и 100% - 61% правильно отвеченных вопросах при сдаче итогового опроса-беседы преподавателю.

## **Контрольная работа**

Целями выполнения контрольной практической работы являются: закрепление студентами полученных теоретических знаний, развитие навыков самостоятельного решения числовых задач на компьютерах, анализ результатов вычислений.

В процессе изучения раздела «Космическая геодезия» студенты должны выполнить практическую работу – «Вычисление координат спутника в земной системе с учетом возмущений от сжатия Земли».

Работа выполняется по индивидуальным исходным данным и представляется на зачет после окончательного оформления.

Оформление производится с соблюдением следующих общих требований.

Работа оформляется в простой ученической тетради или на отдельных листах белой бумаги формата А4.

На титульном листе указываются: название работы, номер варианта исходных данных(задается преподавателем), фамилия и группа исполнителя, фамилия руководителя, год выполнения работы.

На втором листе указываются: название работы, исходные данные для решения задачи, перечень контрольных вопросов для ответов на зачете.

Далее приводятся: ответы на теоретические вопросы, сформулированные в содержании работы; ответы на контрольные вопросы; расчеты и результаты построения графиков возмущений, а также решение задачи по исходным данным индивидуального варианта.

При оформлении вычислений выписываются все рабочие формулы и необходимые пояснения к ним.

Выполнение работы предусматривает: проработку теоретического материала по указанной литературе; краткое изложение основных определений и формул; приведение необходимых чертежей (вычерченных не «от руки»); выполнение требуемых вычислений.

Для вычислений, как правило, применяют персональные компьютеры с использованием программ в средах Excel и Access, Visual-Basic и т.д. Допускается использование микрокалькуляторов, в том числе инженерных и программируемых.

Вычисления должны выполняться сразу начисто, без черновиков, так как переписка вычислений с черновиков наряду с затратами дополнительного времени порождает разного рода ошибки, описки и т.д. Искомые величины (результаты решения задачи) можно выделить в схеме решения. Недопустимы: вычисления «в строчку», написание карандашом, исправления одной цифры на другую. Неверно сделанные вычисления следует заклеивать или подчищать.

## **Содержание работы.**

1. Кратко описать системы координат и времени, используемые в космической геодезии, с приведением необходимых определений, пояснений и чертежей.

Изложить основные моменты теории невозмущенного движения ИСЗ, законы Кеплера с приведением необходимых чертежей, определений и формул.

Кратко изложить возмущающие факторы (основные виды возмущений) и их влияние на движение ИСЗ. Изложить представление земного потенциала в виде разложения в ряд по сферическим функциям, описать влияние на движение ИСЗ сжатия Земли, атмосферы и других факторов.

2. Письменно ответить на контрольные вопросы. Привести необходимые чертежи и формулы.

3. Рассчитать и построить графики возмущений за один оборот спутника для орбит ИСЗ с углами наклона  $40^\circ$ ,  $60^\circ$  и  $80^\circ$  при значении эксцентриситета 0,01 и размере большой полуоси 7500 км.

4. По исходным данным индивидуального варианта, используя ниже-приведенные алгоритм и схему решения, вычислить:

- а) элементы оскулирующей орбиты на эпоху  $t$  с учетом возмущений от сжатия Земли;
- б) прямоугольные координаты  $x$ ,  $y$ ,  $z$  в небесной (инерциальной) СК;
- в) прямоугольные координаты  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$  в общеземной СК.

## **Контрольные вопросы.**

1. Как устанавливаются геоцентрическая, топоцентрическая и Гринвичская системы координат?

2. Дать определение прямого восхождения и склонения в геоцентрической и топоцентрической системах координат.

3. Что такое прецессия и нутация, их влияние на координаты ИСЗ? Описать различие между прецессией, нутацией и движением полюса Земли.

4. Что учитывается при переходе от инерциальной системы координат фундаментального каталога к Гринвичской системе координат?

5. Что учитывается при переходе от Гринвичской системы координат к эллипсоидальным координатам заданного референц-эллипсоида?

6. В чем отличие всемирного времени  $UT_0$  от  $UT_1$ ? Как определяется время UTC?

7. Что такое интеграл площадей и интеграл Лапласа? Как будут расположены векторы, характеризующие интегралы площадей и Лапласа, относительно плоскости орбиты ИСЗ?

8. Какое движение ИСЗ называется кеплеровым? Сформулировать законы Кеплера. Какие кеплеровые элементы орбиты используются для описания движения ИСЗ? Привести определения.

9. Доказать, что при эллиптическом движении ИСЗ первая космическая скорость равна 7,91 км/сек.

10. Привести алгоритм вычисления координат спутника и компонентов его скорости по заданным элементам орбиты ИСЗ на заданный момент времени.

11. Сформулировать определения оскулирующей орбиты, точки и эпохи оскуляции. Какие возмущения в движении ИСЗ называются вековыми и периодическими? Как подразделяются периодические возмущения? Сформулировать теорему Лапласа о возмущениях в положении ИСЗ при движении в потенциальных полях.

12. Какие возмущения вызывают основную эволюцию орбиты ИСЗ? Как ведут себя возмущения при изменении элементов орбиты?

### **Основные формулы.**

Если Землю и вращающийся вокруг нее спутник считать материальными точками, то можно полагать, что под действием сил взаимного притяжения и при отсутствии других сил (от притяжения небесных тел, сопротивления атмосферы и т.п.) спутник будет двигаться по невозмущенной орбите. Теория такого движения рассматривается в небесной механике как задача двух тел.

Невозмущенное движение спутника происходит в соответствии с законами Кеплера по орбите, элементы которой остаются постоянными.

Элементы орбиты ИСЗ характеризуют: ориентировку орбиты в пространстве, ее форму и размеры, а также положение ИСЗ на орбите.

Для элементов орбиты приняты следующие обозначения:  $a$  – большая полуось орбиты;  $e$  – эксцентриситет,  $i$  – угол наклона орбиты,  $\Omega$  – долгота восходящего узла,  $\omega$  – аргумент перигея,  $M_0^{(0)}$  – средняя аномалия в эпоху  $t_0$ .

Далее в тексте и формулах обозначены:  $v$  – истинная аномалия;  $E$  – эксцентрическая аномалия;  $\omega$  – аргумент перигея;  $a$  – большая полуось орбиты;  $b$  – малая полуось орбиты;  $p$  – фокальный параметр орбиты;  $m$  – точка, характеризующая текущее положение ИСЗ на орбите;  $\pi$ ,  $\alpha$  – соответственно перигей и апогей орбиты;  $\gamma$  – точка весеннего равноденствия;  $u$  – аргумент широты.

Реальное движение спутника происходит под постоянным воздействием различных сил, из которых наибольшее влияние оказывает сжатие Земли. Эти силы, дополнительные к силе притяжения шаровой Земли, называют возмущающими силами, а происходящие в орбите изменения – возмущениями. Применяемый при изучении возмущенного движения принцип Лагранжа заключается в том, что движение рассматривают происходящим по Кеплеровой орбите с постоянно изменяющимися элементами. В каждый момент времени можно определить невозмущенную орбиту, совпадающую с моментальной возмущенной орбитой. Такие орбиты называют оскулирующими в некоторую эпоху  $t$ .

Значение любого возмущенного элемента орбиты  $\mathcal{E}_i$  спутника на эпоху  $t$  можно представить в виде:

$$\mathcal{E}_i = \mathcal{E}_{0,i} + \delta\mathcal{E}_i,$$

где  $\mathcal{E}_{0,i}$  – невозмущенный элемент в начальную эпоху  $t_0$ ,  $\delta\mathcal{E}_i$  – зависящая от времени сумма возмущений от различных факторов в элементе орбиты.

В данной задаче учитываются только вековые гравитационные возмущения, вызванные сжатием Земли. Возмущения от других гармоник геопотенциала, притяжения Луны, Солнца и других небесных тел, а также от светового давления и торможения в атмосфере не рассматриваются.

Сжатие Земли вызывает вековые возмущения в долготе восходящего узла орбиты, аргументе перицентра и начальном значении средней аномалии, а также короткопериодические возмущения во всех элементах.

Вековые возмущения за один оборот спутника вычисляются по формулам:

$$\delta\Omega = 540^\circ C_{20} \cos i \left( \frac{a_E}{p} \right)^2,$$

$$\delta\omega = -270^\circ C_{20} \left( \frac{a_E}{p} \right)^2 (1 - 5 \sin^2 i),$$

$$\delta M_0 = -270^\circ C_{20} \left( \frac{a_E}{p} \right)^2 \frac{3 \cos^2 i - 1}{(1 - e^2)^{1/2}},$$

где  $a_E$  – большая полуось земного эллипсоида,  $C_{20}$  – коэффициент второй зональной гармоники разложения геопотенциала в ряд по сферическим функциям,  $p, e, i$  – невозмущенные значения соответственно для фокального параметра, эксцентриситета и наклона орбиты. Фокальный параметр связан с большой полуосью и эксцентриситетом орбиты выражением:

$$p = a(1 - e^2).$$

Система возмущенных элементов на эпоху  $t$  определяется выражениями:

$$a = a_0,$$

$$e = e_0,$$

$$i = i_0,$$

$$\Omega = \Omega_0 + \delta\Omega \cdot K,$$

$$\omega = \omega_0 + \delta\omega \cdot K,$$

$$M_0 = M_0^{(0)} + \delta M_0 \cdot K,$$

где  $K$  – число оборотов, совершенных спутником от эпохи  $t_0$  до эпохи  $t$ .

Если из наблюдений получены элементы орбиты на разные эпохи, то по изменениям в долготе восходящего узла, аргументе перигея и начальном значении средней аномалии можно вывести скорости изменения элементов за один оборот. По ним в соответствии с формулами (2) может быть получен коэффициент  $C_{20}$ , который связан со сжатием Земли  $\alpha$  выражением:

$$\alpha = -\frac{3}{2}C_{20} + \frac{\omega_E^2 a_E}{2\gamma_e}$$

где  $\omega_E$  – угловая скорость вращения Земли,  $\gamma_e$  – нормальная сила тяжести на экваторе.

Идея получения параметров гравитационного поля Земли по возмущениям в орбитах спутников лежит в основе динамического метода космической геодезии.

### **Схема решения.**

Для решения задачи необходимо по элементам орбиты на начальную эпоху  $t_0$  найти элементы оскулирующей орбиты на эпоху  $t$  с учетом возмущений от сжатия Земли, по которым следует рассчитать прямоугольные координаты  $x, y, z$  в небесной (инерциальной) системе, от которых затем перейти к земной системе координат.

Исходные данные получают в соответствии с номером варианта.

Числовые данные для решения:

- большая полуось общеземного эллипсоида  $a_E = 6378137$  м;

- коэффициент второй зональной гармоники  $C_{20} = 1,08263 \cdot 10^{-3}$  (безразмерный);

- геоцентрическая гравитационная постоянная  $GM = 398600,5 \text{ км}^3\text{с}^{-2}$ .

### **Порядок решения задачи.**

#### *1. Вычисление элементов оскулирующей орбиты*

1. Вычисление момента  $S_2$  (на который рассчитывается эфемерида) производится по формуле:

$$S_2 = S_0 + UTC \cdot (1 + \mu),$$

где всемирное время UTC и звездное время в Гринвичскую полночь  $S_0$  выбираются из специального приложения по номеру варианта. Коэффициент  $\mu$  служит для преобразования среднего солнечного времени в звездное ( $\mu = 0,0027379035$ ).

2. Вычисление периода обращения спутника  $T$  производится по формуле:

$$T = 2\pi / n,$$

где  $n = \sqrt{GM / a^3}$  – среднее движение.

Среднее движение  $n$  вычисляется в размерностях радиан/с, °/с, °/час.

Период обращения  $T$  вычисляется в секундах, минутах и долях минуты, в часах и долях часа, а также в часах, минутах и секундах.

3. Вычисление возмущения в долготе восходящего узла орбиты, в аргументе перицентра  $\delta\omega$  и в начальном значении средней аномалии  $\delta M_0$  за один оборот. Расчет фокального параметра.

4. Определение числа оборотов  $K$ , совершенных спутником от эпохи  $t_0 = (d_1, S_1)$  до эпохи  $t = (d_2, S_2)$ , производится по формуле:

$$K = \frac{(t - t_0)^h}{T^h} = \frac{24(d_2 - d_1) + S_2 - S_1}{T}$$

5. Составление системы возмущенных элементов.

6. Вычисление средней аномалии  $M$  на эпоху  $t$  по формуле:

$$M = M_0 + n(t - t_0).$$

Разность эпох определяется выражением:

$$t - t_0 = 24(d_2 - d_1) + S_2 - S_1$$

Контроль вычислений  $M$  выполняется по формуле

$$M = M_0 + 360^\circ \cdot K$$

7. Вычисление эксцентрической аномалии из решения уравнения Кеплера методом приближений по формуле:

$$E = M + e\rho^\circ \sin E$$

где  $\rho^\circ = 180/\pi$  – число градусов в радиане;  $E, M$  задаются в градусах.

В начальном приближении значение эксцентрической аномалии  $E^{(0)}$  определяется по формуле:

$$E^{(0)} = M$$

В приближении с номером  $j$  значение эксцентрической аномалии  $E^{(j)}$  вычисляется по формуле:

$$E^{(j)} = M + e\rho^\circ \sin E^{(j-1)}$$

Процесс продолжается до тех пор, пока расхождение между значениями эксцентрической аномалии  $E^{(j)}$  и  $E^{(j-1)}$  не станет меньше точности вычислений  $\varepsilon = 0'',1$  ( $0,00003^\circ$ ).

8. Вычисление истинной аномалии по формуле:

$$\operatorname{tg} \frac{v}{2} = \sqrt{\frac{1+e}{1-e}} \operatorname{tg} \frac{E}{2}$$

9. Вычисление возмущенного значения радиус-вектора спутника по формуле:

$$r = \frac{p}{1 + e \cos v}$$

с контролем в пределах не более 10 м со значением, полученным по формуле:

$$r = a(1 - e \cos E)$$

Результаты вычислений радиус-вектора:

10. Вычисление возмущенного аргумента широты спутника по формуле:

$$u = \omega + \nu.$$

II. Вычисление прямоугольных координат спутника в небесной системе координат (НСК).

Координаты спутника в небесной системе координат вычисляются по формуле:

$$\mathbf{r}_{НСК} = r \begin{bmatrix} \cos u \cos \Omega - \sin u \sin \Omega \cos i \\ \cos u \sin \Omega + \sin u \cos \Omega \cos i \\ \sin u \sin i \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix}.$$

III. Вычисление прямоугольных координат  $X, Y, Z$  в общеземной системе координат (ОЗСК)

Преобразование координат спутника из НСК в ОЗСК выполняется без учета влияния прецессии и нутации по формуле:

$$\mathbf{r}_{ОЗСК} = \mathbf{PS}(S_2)\mathbf{r}_{НСК} = \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}.$$

Матрица  $\mathbf{S}(S_2)$  используется для учета суточного вращения Земли и задается выражением:

$$\mathbf{S}(S_2) = \begin{bmatrix} \cos S_2 & -\sin S_2 & 0 \\ \sin S_2 & \cos S_2 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix},$$

где  $S_2$  – момент по звездному Гринвичскому времени, определенный ранее выражением (5).

Матрица для учета движения полюса  $\mathbf{P}$  в эпоху  $t_2$  имеет вид:

$$\mathbf{P} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & -x_p \\ 0 & 1 & y_p \\ x_p & -y_p & 1 \end{bmatrix},$$

где  $x_p, y_p$  – координаты полюса в эпоху  $t_2$

**Типовые вопросы для самоконтроля,  
раздел «Космическая геодезия»:**

1. Как устанавливаются геоцентрическая, топоцентрическая и Гринвичская системы координат?
2. Как определяются прямое восхождение и склонение в геоцентрической и системе координат?
3. Как определяются прямое восхождение и склонение в топоцентрической системе координат?
4. Что такое прецессия и нутация?
5. Как влияет прецессия и нутация на координаты ИСЗ?
6. Что учитывается при переходе от инерциальной системы координат фундаментального каталога к Гринвичской системе координат?
7. Что учитывается при переходе от Гринвичской системы координат к эллипсоидальным координатам заданного референц-эллипсоида?
8. В чем отличие всемирного времени UT0 от UT1?
9. Как определяется время UTC?
10. Способы наблюдений ИСЗ.
11. Классификация способов наблюдения ИСЗ.
12. Фотографические наблюдения ИСЗ на фоне звёзд.
13. Лазерные наблюдения ИСЗ.
14. Доплеровские наблюдения ИСЗ.
15. Радиодальномерные наблюдения ИСЗ.
16. Кодовые и фазовые измерения при использовании глобальных навигационных спутниковых систем.
17. Как формулируется первый закон Кеплера?
18. Как формулируется второй закон Кеплера?
19. Как формулируется третий закон Кеплера?
20. Что характеризует интеграл площадей?
21. Что характеризует интеграл Лапласа?
22. Что характеризует интеграл энергии?

23. Как будут расположены векторы, характеризующие интегралы площадей и Лапласа, относительно плоскости орбиты ИСЗ?
24. Какое движение ИСЗ называется кеплеровым?
25. Какие кеплеровые элементы орбиты используются для описания движения ИСЗ?
26. Какой алгоритм вычисления координат спутника и компонентов его скорости по заданным элементам орбиты ИСЗ на заданный момент времени?
27. Какую орбиту ИСЗ называют оскулирующей орбитой?
28. Что такое точка оскуляции?
29. Как определяется эпоха оскуляции?
30. Какие возмущения в движении ИСЗ называются вековыми?
31. Какие возмущения в движении ИСЗ называются периодическими?
32. Как подразделяются периодические возмущения?
33. Как формулируется обобщенная теорема Лапласа о возмущениях в положении ИСЗ при движении в потенциальных полях?
34. Какие возмущения вызывают основную эволюцию орбиты ИСЗ?
35. Как ведут себя возмущения при изменении элементов орбиты?
36. Какие условия возникают в сетях космической триангуляции?
37. Какие условия присущи только пространственным сетям триангуляции?
38. Каким способом может быть выполнено уравнивание сетей спутниковой триангуляции?
39. Какие величины связывает основное уравнение космической геодезии?
40. Что является основным условием синхронизации наблюдений в сетях спутниковой триангуляции?
41. Как могут быть выполнены наблюдения в орбитальном методе?
42. Что позволяет определить динамический метод космической геодезии?
43. Как задается плоскость синхронизации?

44. Какие задачи решаются в геометрическом методе космической геодезии?
45. Что такое спутниковая и космическая триангуляция?
46. В какой системе координат определяются координаты пунктов, полученные геометрическим методом космической геодезии?
47. В какой системе координат определяются координаты пунктов, полученные динамическим методом космической геодезии?
48. Как задается масштаб сети космической триангуляции?
49. Как задается ориентировка сети космической триангуляции?
50. В какой системе координат могут быть вычислены координаты пунктов, полученные методом коротких дуг?
51. Какие задачи могут быть решены с помощью метода радиоинтерферометрии со сверхдлинной базой?
52. Какие величины связывает основное уравнение спутникового нивелирования?
53. Что позволяет определить метод альтиметрии?
54. При каких измерениях используется координатная система WGS-84?
55. К какой группе координатных определений относится дифференциальный способ космического позиционирования?
56. Что такое инициализация приемника аппаратуры космического позиционирования?
57. К какому поколению спутниковых систем относится система ГЛОНАСС?
58. Как называется расстояние, измеренное с помощью аппаратуры пользователя, до ИСЗ?
59. Какие способы позиционирования считаются абсолютными?
60. На каких станциях вычисляются дифференциальные поправки?
61. Какие могут быть способы инициализации приемника?
62. Что такое геометрический фактор?
63. Что характеризует геометрический фактор PDOP?

57. Как называются разности измерений между эпохами наблюдений?
64. Какие задачи решаются с помощью светолокации Луны?
65. Что измеряется в методе РСДБ?

**Типовые вопросы для самоконтроля,  
раздел «Геодинамика»:**

1. Как изменяется сила тяжести от поверхности к центра Земли?
2. Как изменяется скорость распространения сейсмических волн в теле Земли в зависимости от расстояния от ее центра масс?
3. В каком агрегатном состоянии находится вещество верхнего ядра Земли? Астеносферы?
4. Что такое процесс субдукции? Приведите примеры.
5. Что такое спрединг? Приведите примеры.
6. Что такое зона коллизии литосферных плит? Приведите примеры.
7. Что такое трансформный разлом?
8. Что такое палеодислокации? Что такое сейсмодислокации?
9. Современные модели движения литосферных плит - ITRF2014, MORVEL2010. Их сопоставление с геологическими данными.
10. Что такое разлом?
12. Что такое очаг землетрясения? Его характеристики.
13. Точечная модель очага землетрясения. Основные характеристики.
14. Дислокационная модель очага землетрясения (модель Окады).
15. Основные типы сейсмических волн, порождаемых землетрясениями. Перечислить и охарактеризовать их воздействие на земную поверхность.
16. Оборудование для регистрации сейсмических колебаний.
17. Методы применения ГНСС-оборудования для мониторинга сейсмических колебаний.

18. Моделирование параметров очага землетрясения по геодезическим данным. Методы, их достоинства и недостатки.
19. Вулканические деформации. Методы их регистрации.
20. Моделирование вулканического источника. Перечислите и кратко охарактеризуйте основные методы моделирования.
21. Что такое цунами? Какие процессы и явления порождают цунами?
22. Моделирование цунами сейсмогенной природы по данным ГНСС-наблюдений.
23. Какие эффекты порождают сильные землетрясения и цунами в ионосфере Земли?
24. Какие эффекты порождает постледниковая отдача?
25. Что такое афтерслип?
26. Что такое сейсмический цикл?
27. Что такое каплинг?
28. Что такое постсейсмические движения земной коры? Их характеристики.
29. Кратко охарактеризуйте методы моделирования твердоплитного вращения литосферных плит.
30. Локальные движения земной коры. Перечислите методы их мониторинга.

### **Банк тестовых заданий «Космическая геодезия и геодинамика»**

#### **Раздел «Космическая геодезия»**

Тестовые задания предназначены для проверки промежуточных и итоговых знаний студентов, согласно учебному плану, составлены в соответствии с рабочей программой дисциплины «Космическая геодезия и геодинамика».

Количество тестовых заданий по разделу «Космическая геодезия» – 305.

Назначение дисциплины – научить студентов основным приемам разработки проектов выполнения геодезических работ с использованием высоко-

точных средств космической навигации. Расчеты орбит спутников по результатам измерений, определение координат пунктов земной поверхности по спутниковым наблюдениям являются неотъемлемой частью научных исследований и инженерно-технических работ. Технология построения опорных пространственных геодезических сетей позволяет собирать информацию об орбитах спутников и определять координаты пунктов на земле. В последние годы вместе с наземными геодезическими измерениями часто стали применяться методы космической геодезии, подкрепленные современными технологиями. Дисциплина тесно связана с другими дисциплинами цикла высшей геодезии: теоретической и сфероидической геодезией, теорией математической обработки геодезических измерений и другими. Изучение дисциплины служит основой для решения различных геодезических задач спутниковыми методами.

Тестовые задания для проверки промежуточных знаний по курсу «Космическая геодезия и геодинамика», раздел «Космическая геодезия», включают 5 блоков тестов по следующим разделам программы:

1. Системы координат и времени в космической геодезии.
2. Невозмущенное движение ИСЗ.
3. Возмущенное движение ИСЗ.
4. Геометрические и динамические задачи космической геодезии: методы решения.
5. Современные методы космической геодезии.

В первом блоке рассматриваются научно-практические основы координатно-временного обеспечения геодезических и связанных с измерениями других работ, особенности систем координат и времени в космической геодезии. Важную часть блока составляют основы геоцентрической, топоцентрических и орбитальных систем координат. Блок завершается описаниями систем звездного, всемирного, эфемеридного и атомного времени.

Во втором блоке исследуется невозмущенное движение ИСЗ, приводятся методы описания и решения задач движения. Это, прежде всего, законы

Кеплера, а также способы определения предварительных элементов орбиты ИСЗ из наблюдений и уточнения орбиты ИСЗ.

В третьем блоке рассматриваются аналитические основы теории возмущенного движения ИСЗ, кратко анализируются проблемы учета возмущений, вызываемых в первую очередь геопотенциалом, а также других потенциальных сил и атмосферным торможением. Исследуются особенности уравнений Лагранжа и Ньютона для оскулирующих элементов орбиты, даются технологии аналитического и численного интегрирования уравнений возмущенного движения ИСЗ.

В четвертом блоке рассматриваются общие принципы использования ИСЗ для определения координат наземных пунктов и построения спутниковой триангуляции, методы решения динамических задач космической геодезии.

В пятом блоке рассматриваются методы спутникового нивелирования, светолокации Луны, радио интерферометрии со сверхдлинной базой, особое внимание уделено методу космического позиционирования для решения фундаментальных и прикладных задач геодезии, геофизики, планетарной и региональной геодинамики.

Функциональное назначение тестирования по представленному банку тестовых заданий – аттестация студентов на владение системой знаний об особенностях современного состояния и тенденций развития методов космической геодезии и систем спутникового позиционирования, их применения в науках о Земле, в частности, в геодезии, картографии, небесной механике, землеустройстве и кадастре.

Тестирование по представленному банку тестовых заданий может быть организовано как в традиционной, бланковой форме, так и с использованием инструментальной среды удаленного тестирования ДВФУ.

Возможность указать сложность каждого задания (процент ожидаемых правильных ответов) позволяет составить для каждой группы тестируемых набор заданий требуемого уровня сложности.

Благодаря вариации форм, тестовые задания позволяют:

1) проверить знания студентов о постановке основных задач космической геодезии, использовании современных методов решения этих задач в соответствии с технологическими требованиями космической геодезии;

2) проконтролировать умения студентов:

-анализировать основные проблемы обработки координатно-временных измерений;

-оценивать возможности современного оборудования для получения планируемых результатов;

-свободно применять различные методы, адекватные возникающим задачам определения, уточнения и обработки измерений;

3) дают возможность продемонстрировать приобретенные навыки по применению методов космической геодезии в научных и инженерных исследованиях.

Разная сложность входящих в банк тестовых заданий, определенная открытость всей системы тестирования позволяет использовать представленный банк для организации самопроверки знаний студентов, тестирования смежных специальностей, модифицировать содержание тестовых заданий.

В банке тестовых заданий использована одна из форм представления тестовых заданий по методике, предложенной в Приложении № 3 к приказу Минобразования России от 17.04.2000 № 1122 «Методические указания по подготовке педагогических тестовых материалов к сертификации»: с выбором одного правильного ответа.

При оценивании правильности ответов в автоматизированной системе тестирования ДВФУ может быть использована дихотомическая шкала. За правильное выполнение любого задания студент получает максимальное количество баллов – 100. Любая ошибка в выборе ответов снижает оценку за выполнение задания до нуля.

## **Промежуточная аттестация студентов**

Промежуточная аттестация студентов по дисциплине «Космическая геодезия и геодинамика» проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной.

Промежуточная аттестация студентов по дисциплине «Космическая геодезия и геодинамика» предусмотрена в виде экзамена, который проводится в виде устного опроса в форме собеседования.

### **Типовые вопросы к экзамену по курсу «Космическая геодезия и геодинамика»**

#### **Раздел «Космическая геодезия»**

1. Инерциальная система отсчета.
2. Геоцентрические системы координат, вращающиеся вместе с Землей.
3. Топоцентрические и орбитальные системы координат.
4. Системы звездного и всемирного времени.
5. Вывод дифференциальных уравнений невозмущенного движения .
6. Интегрирование дифференциальных уравнений движения.
7. Исследование невозмущенного движения. Законы Кеплера.
8. Элементы орбиты и их связь с постоянными интегрирования.
9. Динамический интеграл. Третий закон Кеплера.
10. Основные формулы невозмущенного движения.
11. Определение предварительных элементов орбиты ИСЗ из наблюдений.
12. Понятие о методе уточнения орбит ИСЗ.
13. Возмущенное движение ИСЗ. Постановка задачи.
14. Аналитические основы теории возмущенного движения.
15. Уравнения возмущенного движения ИСЗ в координатах.
16. Уравнения Лагранжа для оскулирующих элементов орбиты.
17. Уравнения Ньютона для оскулирующих элементов орбиты.

18. Основные методы приближенного аналитического интегрирования уравнений движения ИСЗ.
19. Возмущающая функция геопотенциала.
20. Негеопотенциальные возмущающие функции.
21. Возмущающее ускорение, вызванное атмосферным торможением.
22. Классификация типов возмущений, вызываемых потенциальными факторами.
23. Эволюция орбиты ИСЗ под действием атмосферного торможения.
24. Общие принципы использования ИСЗ для определения координат наземных пунктов.
25. Уравнение плоскости синхронизации и хорды.
26. Виды условий, возникающих в спутниковой триангуляции.
27. Уравнения поправок в спутниковой триангуляции.
28. Уравнивание спутниковой триангуляции параметрическим способом.
29. Об уравнивании геодезических сетей, построенных орбитальным методом.
30. Задачи и методы априорной оценки точности.
31. Общие динамические задачи космической геодезии. Постановка задач.
32. Вычисление свободных членов уравнений поправок в орбитальном и общем динамическом методах.
33. Вычисление коэффициентов уравнений поправок в орбитальном и общем динамическом методах.
34. О решении уравнений поправок общего динамического и орбитального методов.
35. Спутниковое нивелирование. Сущность спутникового нивелирования.
36. Уравнения спутникового нивелирования.
37. Светолокация Луны. Уравнения системы Земля – Луна.
38. Принципы решения уравнений светолокации Луны.

39. Длиннобазисная радиоинтерферометрия.

40. Задачи космической геодезии.

### **Раздел «Геодинамика»**

1. Внутреннее строение Земли по данным сейсмологии.

2. Основные положения гипотезы тектоники плит. Тектонически активные зоны – зоны субдукции, спрединга, коллизии.

3. Вековые движения литосферных плит. Доказательства существования дрейфа, современные оценки скорости и направления дрейфа. Геодинамическая активность разломных структур.

4. Характеристики процессов в зоне взаимодействия литосферных плит и блоков. Микроплиты.

5. Характеристики жесткого вращения литосферных плит и блоков. Определение полюсов вращения по геодезическим данным.

6. Косейсмические смещения земной коры. Характеристики и особенности полей косейсмических смещений, вызванных сильнейшими землетрясениями.

7. Моделирование очага землетрясения по данным о косейсмических смещениях земной коры.

8. Постсейсмические смещения земной коры. Характеристики и особенности полей постсейсмических смещений, вызванных сильнейшими землетрясениями.

9. Моделирование реологических свойств астеносферы и верхней мантии по данным о постсейсмических смещениях земной коры.

10. Вулканическая активность и ее связь с глобальными и региональными геодинамическими процессами. Движения и деформации земной поверхности вблизи активного вулкана.

11. Моделирование магматического источника по геодезическим данным. Точечная модель магматического источника (модель К. Моги).

12. Моделирование цунами сейсмогенного происхождения по геодезическим данным. Использование данных о смещениях земной коры для создания систем раннего предупреждения о цунами.

13. Возмущения в ионосфере Земли, вызванные крупными землетрясениями, цунами. Их моделирование, исследование характеристик и особенностей распространения.

14. Постледниковая отдача – причины и следствия

**Критерии выставления оценки студенту на экзамене  
по дисциплине «Космическая геодезия и геодинамика»**

<b>Баллы (рейтинго- вой оцен- ки)</b>	<b>Оценка экзамена</b>	<b>Требования к сформированным компетенциям</b>
100 - 86	<i>«Отлично»</i>	Оценка «отлично» при сдаче экзамена выставляется студенту, если он глубоко усвоил программный материал дисциплины, имеет твердые знания основного и дополнительного материала; безошибочно справляется с заданиями практических занятий, владеет необходимыми навыками и приемами выполнения практических задач. При этом оценка «отлично» выставляется студенту, только если ему предварительно зачтены контрольная работа и опросы, самостоятельная работа и тестирование. Оценка «отлично» выставляется студенту, если он освоил все общепрофессиональные и профессиональные компетенции (ПК-1, ПК-7).
85 - 76	<i>«Хорошо»</i>	Оценка «хорошо» при сдаче экзамена выставляется студенту, если он усвоил программный материал дисциплины и имеет знания только основного материала; справляется с заданиями практических занятий, владеет необходимыми навыками и приемами выполнения практических задач. При этом оценка «хорошо» выставляется студенту, только если ему предварительно зачтены контрольная работа и опросы, самостоятельная работа и тестирование. Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он освоил общепрофессиональные и профессиональные компетенции (ПК-1, ПК-7).
75 - 61	<i>«Удовлетворительно»</i>	Оценка «удовлетворительно» при сдаче экзамена выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала; справляется даже с затруднениями с заданиями практических занятий, владеет большинством необходимых навыков и приемов выполнения практических задач. При этом оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, только если ему предварительно зачтены кон-

Баллы (рейтинго- вой оцен- ки)	Оценка экзамена	Требования к сформированным компетенциям
		<p>контрольная работа и опросы, самостоятельная работа и тестирование. Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он освоил большинство общепрофессиональных и профессиональных компетенций (ПК-1, ПК-7).</p>
меньше 61	«Не удовлетворительно»	<p>Оценка «не удовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, с большими затруднениями выполняет большую часть практической работы, часть задания не может выполнить. Оценка «не удовлетворительно» выставляется студенту, если он освоил не все общепрофессиональные и профессиональные компетенции (ОПК-7, ПК-1, ПК-7), не зачтены контрольная работа и опросы, самостоятельная работа и тестирование.</p>