

**ПЕРВОЕ ВЫСШЕЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ УЧЕБНОЕ ЗАВЕДЕНИЕ РОССИИ**



**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
**САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**СОГЛАСОВАНО**

**УТВЕРЖДАЮ**

---

**Руководитель ОПОП ВО**  
доцент М.Г. Мустафин

---

**Проректор по образовательной**  
**деятельности**  
доцент Д.Г. Петраков

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

***КОСМИЧЕСКАЯ ГЕОДЕЗИЯ***

<b>Уровень высшего образования:</b>	Специалитет
<b>Специальность:</b>	21.05.01 Прикладная геодезия
<b>Специализация:</b>	Инженерная геодезия
<b>Квалификация выпускника:</b>	инженер-геодезист
<b>Форма обучения:</b>	очная
<b>Составитель:</b>	доцент Казанцев А.И.

Санкт-Петербург

**Рабочая программа дисциплины «Космическая геодезия» разработана:**

- в соответствии с требованиями ФГОС ВО – специалитет по специальности 21.05.01 «Прикладная геодезия», утвержденного приказом Минобрнауки России № 944 от 11.08.2020;
- на основании учебного плана специалитета по специальности 21.05.01 «Прикладная геодезия» специализация «Инженерная геодезия».

Составитель \_\_\_\_\_ к.т.н., доц. Казанцев А.И.

**Рабочая программа рассмотрена и одобрена** на заседании кафедры инженерной геодезии от 02.02.2021 г., протокол № 12.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ д.т.н., проф. М.Г. Мустафин

**Рабочая программа согласована:**

Начальник отдела лицензирования, аккредитации и контроля качества образования \_\_\_\_\_ Ю.А. Дубровская

Начальник отдела методического обеспечения учебного процесса \_\_\_\_\_ А.Ю. Романчиков

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель изучения дисциплины «Космическая геодезия» – приобретение базовых знаний, необходимых для использования результатов наблюдений искусственных и естественных небесных тел и спутников Земли для решения научных и научно-технических задач геодезии.

Основными задачами дисциплины «Космическая геодезия» являются:

- создание общеземной системы отсчёта;
- оперативное координатно-временное обеспечение земных объектов посредством глобальных навигационных спутниковых систем;
- определение взаимного положения пунктов в некоторой геодезической системе;
- определение положения центров референц-эллипсоидов (местных систем координат) относительно центра масс Земли;
- координатно-временное обеспечение космических полетов;
- установление связи между отдельными геодезическими системами;
- изучение гравитационного поля Земли, Луны и планет с использованием спутниковых измерений;
- изучение фигуры Земли, Луны и планет с использованием спутниковых измерений;
- уточнение некоторых фундаментальных геодезических постоянных;

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина «Космическая геодезия» относится к обязательной части основной профессиональной образовательной программы по специальности 21.05.01 «Прикладная геодезия» и изучается в 5 семестре.

Предшествующими курсами, на которых непосредственно базируется дисциплина «Космическая геодезия» являются «Геодезия», «Основы геодезических вычислений», «История геодезии».

Дисциплина «Космическая геодезия» является основополагающей для изучения следующих дисциплин: «Высшая геодезия и основы координатно-временных систем», «Основы дистанционного зондирования территорий», «Спутниковая геодезия», «Аэрокосмические съемки», «Мониторинг геодинамических процессов».

Особенностью дисциплины является изучение систем отсчета, применяемых в космической геодезии, теоретических основ движения искусственных спутников Земли (ИСЗ) и методов геодезических наблюдений ИСЗ.

## 3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Процесс изучения дисциплины «Космическая геодезия» направлен на формирование следующих компетенций:

Формируемые компетенции		Код и наименование индикатора достижения компетенции
Содержание компетенции	Код компетенции	
Способен оценивать результаты научно-технических разработок, научных исследований и обосновывать собствен-	ОПК-4.	ОПК-4.2. Знает применяемые для выполнения исследований методы и технологии ОПК-4.3. Владеет навыками оценивания результатов исследований в области геодезии

Формируемые компетенции		Код и наименование индикатора достижения компетенции
Содержание компетенции	Код компетенции	
ный выбор, систематизируя и обобщая достижения в области геодезии и смежных областях		
Способен к изучению фигуры и размеров, динамики изменения поверхности Земли геодезическими методами	ПКС-5.	ПКС-5.2. Знает основные методы астрономии и космической геодезии ПКС-5.6. Владеет навыками применения спутниковых измерений для определения координат и высот точек местности

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

##### 4.1. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоёмкость учебной дисциплины составляет 3 зачётных единицы, 108 ак. часа.

Вид учебной работы	Всего ак. часов	Ак. часы по семестрам
		5
<b>Аудиторная работа, в том числе:</b>	<b>51</b>	<b>51</b>
Лекции (Л)	17	17
Практические занятия (ПЗ)	34	34
<b>Самостоятельная работа студентов (СРС), в том числе:</b>	<b>21</b>	<b>21</b>
Расчетно-графическая работа (РГР)	10	10
Реферат	3	3
Подготовка к практическим занятиям	4	4
Подготовка к зачету / дифф. зачету	4	4
<b>Промежуточная аттестация – экзамен (Э)</b>	<b>36</b>	<b>Э (36)</b>
<b>Общая трудоёмкость дисциплины</b>		
	<b>ак. час.</b>	<b>108</b>
	<b>зач. ед.</b>	<b>3</b>

##### 4.2. Содержание дисциплины

Учебным планом предусмотрены: лекции, практические занятия и самостоятельная работа.

##### 4.2.1. Разделы дисциплины и виды занятий

Наименование разделов	Виды занятий			
	Всего ак. часов	Лекции	Практические занятия	Самостоятельная работа студента,
Раздел 1 «Системы координат и измерения времени»	13	4	6	3
Раздел 2 «Движение ИСЗ в гравитационном поле»	18	4	8	6

Земли»				
Раздел 3 «Аппаратура и методы наблюдений за ИСЗ»	8	2	4	2
Раздел 4 «Геометрические методы построения КГС»	15	3	8	4
Раздел 5 «Динамические задачи космической геодезии»	18	4	8	6
<b>Итого:</b>	<b>72</b>	<b>17</b>	<b>34</b>	<b>21</b>

#### 4.2.2. Содержание разделов дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак. часах
1	«Системы координат и измерения времени»	Предмет и задачи космической геодезии (КГ). Основные этапы развития КГ. Классификация систем координат (СК) применяемых в КГ. Общеземные системы координат (ОЗСК). Основное векторное уравнение КГ. Системы отсчета времени.	4
2	«Движение ИСЗ в гравитационном поле Земли»	Невозмущенное движение ИСЗ. Три закон Кеплера. Основные и вспомогательные элементы невозмущенной орбиты. Возмущенное движение ИСЗ. Основные возмущающие факторы движения спутника. Оскулирующие орбиты. Теоретические основы орбитального метода определения координат наземных пунктов.	4
3	«Аппаратура и методы наблюдений за ИСЗ»	Геодезические искусственные спутники земли (ИСЗ). Оптические методы наблюдения ИСЗ (визуальные; фотографические; лазерные). Радиотехнические методы наблюдения ИСЗ (Интерференционные; доплеровские; дальномерные). Теодолиты, кинотеодолиты и простейшие телескопы для визуальных методов наблюдений ИСЗ. Астрономические фотоустановки (АФУ). Лазерные установки. Доплеровская аппаратура. Радиоинтерферометр.	2
4	«Геометрические методы построения КГС»	Геометрические методы построения и развития Космической геодезической сети (КГС): линейно-угловой метод; метод космической триангуляции; метод космической трилатерации; доплеровский метод.	3
5	«Динамические задачи космической геодезии»	Основные положения динамического метода. Спутниковая альтиметрия и её вклад в решение задач геодезии. / Спутниковая градиентометрия. Наблюдения по линии «спутник-спутник».	4

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак. часах
		Радиоинтерферометрия со сверхдлинной базой. Геодинамические задачи в геодезии. Движение земных полюсов и определение его параметров. Движение центра масс Земли. Определение параметров внешнего гравитационного поля Земли.	
<b>Итого:</b>			<b>17</b>

#### 4.2.3. Практические занятия

№ п/п	Разделы	Тематика практических занятий	Трудоемкость в ак. часах
1	Раздел 1	Абсолютный метод координатных определений. Расчет координат полевого приемника, оценка точности вычислений. Дифференциальный метод координатных определений. Преобразование координат из системы в систему и вычисление координат ИСЗ определенных линейно-угловым методом.	6
2	Раздел 2	Вычисление элементов невозмущенной орбиты спутника. Определение элементов возмущенной орбиты (оскулирующие орбиты). Элементы Кеплеровой невозмущенной орбиты. Определение элементов орбиты спутника по результатам его наблюдений.	8
3	Раздел 3	Радиотехнические методы наблюдений: радиодальномерные; доплеровский; радиоинтерференционный. Назначение и устройство лазерного спутникового дальномера, радиотехнического дальномера, доплеровской аппаратуры, астрофотоустановки (АФУ).	4
4	Раздел 4	Вычисление геоцентрических координат ИСЗ, определённых методом космической триангуляции. Уравнивание космических построений параметрическим методом.	8
5	Раздел 5	Динамические методы КГ. Спутниковая альтиметрия; метод спутниковой градиентометрии; наблюдения по линии спутник-спутник; лазерная локация Луны; метод радиоинтерферометрии со сверхдлинной базой (РСДБ).	8
<b>Итого:</b>			<b>34</b>

#### 4.2.5. Курсовые работы (проекты)

№ п/п	Темы курсовых работ / проектов
1	«курсовые работы (проекты) не предусмотрены»

#### 4.2.6. Примерная тематика заданий для РГР и рефератов

1. Основные этапы развития космической геодезии
2. Системы координат, применяемые в космической геодезии
3. Общеземные и локальные системы координат и системы отсчета времени.
4. Методы построения и развития Космической геодезической сети.
5. Динамические методы космической геодезии.

6. Невозмущенное движение ИСЗ.
7. Возмущенное движение ИСЗ.
8. Глобальные системы спутникового позиционирования.
9. Методы космической геодезии для решения задач геодинамики.

## 5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В ходе обучения применяются:

**Лекции**, которые являются одним из важнейших видов учебных занятий и составляют основу теоретической подготовки обучающихся. Цели лекционных занятий:

-дать систематизированные научные знания по дисциплине, акцентировать внимание на наиболее сложных вопросах дисциплины;

-стимулировать активную познавательную деятельность обучающихся, способствовать формированию их творческого мышления.

**Практические занятия.** Цели практических занятий:

-совершенствовать умения и навыки решения практических задач.

Главным содержанием этого вида учебных занятий является работа каждого обучающегося по овладению практическими умениями и навыками профессиональной деятельности.

**Консультации** (текущая консультация, накануне экзамена) является одной из форм руководства учебной работой обучающихся и оказания им помощи в самостоятельном изучении материала дисциплины, в ликвидации имеющихся пробелов в знаниях, задолженностей по текущим занятиям, в подготовке письменных работ (проектов).

Текущие консультации проводятся преподавателем, ведущим занятия в учебной группе, научным руководителем и носят как индивидуальный, так и групповой характер.

**Самостоятельная работа обучающихся** направлена на углубление и закрепление знаний, полученных на лекциях и других занятиях, выработку навыков самостоятельного активного приобретения новых, дополнительных знаний, подготовку к предстоящим учебным занятиям и промежуточному контролю.

## 6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

### 6.1. *Оценочные средства для самостоятельной работы и текущего контроля успеваемости*

**Раздел 1.** «Системы координат и измерения времени»

1. Предмет и основные задачи космической геодезии?
2. Классификации систем координат в космической геодезии по форме их задания, по выбору начала координат, по выбору основной плоскости и по ориентации главной оси координат?
3. Системы координат и времени используемые в космической геодезии?
4. В чем суть прямой и обратной задачи в космической геодезии?
5. Какие векторы, входят в основное векторное уравнение космической геодезии?

**Раздел 2.** «Движение ИСЗ в гравитационном поле Земли»

1. Дифференциальное уравнение невозмущенного движения ИСЗ в прямоугольных координатах?
2. Уравнение Кеплера?
3. Элементы орбиты ИСЗ?
4. Дифференциальное уравнение возмущенного движения ИСЗ в прямоугольных координатах и в оскулирующих элементах орбиты?
5. Классификация возмущений в элементах орбиты ИСЗ?
6. Возмущения в элементах орбиты ИСЗ от различных факторов?

**Раздел 3.** «Аппаратура и методы наблюдений за ИСЗ»

1. Классификация способов наблюдения ИСЗ?
2. В чем суть фотографических наблюдения ИСЗ на фоне звезд?

3. В чем суть лазерных наблюдений ИСЗ?
4. Временная задержка сигнала в лазерном способе наблюдений ИСЗ?
5. Что такое доплеровское смещение частоты?
6. В чем суть радиодальномерных наблюдений ИСЗ?

#### **Раздел 4. «Геометрические методы построения КГС»**

1. Сущность геометрического метода космической геодезии?
2. Синхронизация наблюдений в геометрическом методе космической геодезии?
3. Что относится к элементам космических геодезических построений?
4. Уравнение поправок в геометрическом методе космической геодезии?
5. Что такое позиционирование?
6. Какие основные сегменты можно выделить в структуре спутниковых навигационных систем? Для чего они предназначены?
7. Принцип решения основного векторного уравнения геометрическим методом космической геодезии?
8. Виды условий, возникающих в космических геодезических построениях?

#### **Раздел 5. «Динамические задачи космической геодезии»**

1. В чем сущность динамического метода космической геодезии?
2. Уравнение поправок в динамическом методе космической геодезии?
3. В чем сущность спутниковой альтиметрии?
4. Уравнение поправок в методе спутниковой альтиметрии?
5. В чем сущность наблюдений по линии спутник-спутник?
6. Что используется в качестве основы для вывода параметров гравитационного поля Земли и определения координат пунктов в динамическом методе космической геодезии?
7. Принцип решения основного векторного уравнения динамическим методом космической геодезии?

### **6.2. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации (экзамена)**

#### **6.2.1. Примерный перечень вопросов/заданий к экзамену (по дисциплине):**

1. Роль и значение космической геодезии в решении основных задач наук о Земле.
2. Системы координат применяемые в космической геодезии.
3. Связь между различными системами координат и задачи перехода из одной системы в другую.
4. Фундаментальное уравнение космической геодезии.
5. Обратная задача космической геодезии.
6. Общеземные системы координат.
7. Движение полюса Земли.
8. Методы преобразования систем координат.
9. Параметры используемые для преобразования координат из одной системы отсчета в другую.
10. Локальные референцные системы координат.
11. Международная земная система отсчета ITRS.
12. Системы высот.
13. Системы времени.
14. Функции времени в спутниковых технологиях.
15. Общие понятия динамических методов космической геодезии.
16. Невозмущенное движение ИСЗ в гравитационном поле Земли.
17. Дифференциальное уравнение невозмущенного движения ИСЗ в прямоугольных координатах.
18. Законы Кеплера.
19. Элементы невозмущенной орбиты ИСЗ.
20. Возмущенное движение ИСЗ в гравитационном поле Земли.
21. Основные возмущения элементов орбиты.

22. Оскулирующие орбиты.
23. Классификация способов наблюдения ИСЗ.
24. Активные ИСЗ.
25. Пассивные ИСЗ.
26. Оптические методы наблюдений за ИСЗ.
27. Радиотехнические методы наблюдений за ИСЗ.
28. Радиодальномерные измерения.
29. Доплеровские методы наблюдений.
30. Фотографические методы наблюдений.
31. Идея радиоинтерферометрических наблюдений.
32. Обработка результатов измерений в космической геодезии.
33. Общие сведения о геометрических методах развития космической геодезической сети.
34. Линейно-угловой метод построения КГС.
35. Метод космической триангуляции для построения КГС.
36. Метод космической трилатерации для построения КГС.
37. Доплеровский метод построения КГС.
38. Основные положения динамического метода космической геодезии.
39. Спутниковая альтиметрия и ее вклад в решение задач геодезии.
40. Геодинамические задачи в геодезии.
41. Спутниковое нивелирование.
42. Лазерная локация Луны.
43. Уточнение некоторых фундаментальных постоянных астрономии и геодезии из наблюдений спутников.
44. Спутниковая градиентометрия.
45. Радиоинтерферометрия со сверхдлинной базой (РСДБ).
46. Движение земных полюсов.
47. Определение параметров внешнего гравитационного поля Земли.
48. Определение геоцентрической гравитационной постоянной.
49. Задача определения параметров гравитационного поля Земли.
50. Понятие о создании абсолютных систем отсчёта.

### 6.2.2. Примерные тестовые задания к экзамену

#### Вариант 1

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1	2	3
1.	Что не относится к основным задачам космической геодезии?	1. мониторинга лесного покрова; 2. определение взаимного положения пунктов в некоторой геодезической системе; 3. определение положения центров референц-эллипсоидов (местных систем координат) относительно центра масс Земли; 4. изучение внешнего гравитационного поля и фигуры Земли;
2.	Вдоль какой оси происходит вращение небесной сферы?	1. Ось мира; 2. Ось вращения Земли; 3. Ось Z; 4. Главная ось;
3.	Как называется круг небесной сферы по которому совершается годичное движение Солнца?	1. Эклиптика; 2. Круг склонения; 3. Орбита; 4. Круг вращения;
4.	Что называют звездными сутками?	1. полный оборот Земли вокруг своей оси относительно направления на какую-

		либо звезду; 2. полный оборот Земли вокруг своей оси относительно направления на центр Солнца; 3. полный оборот Земли вокруг Солнца; 4. полный оборот Земли вокруг какой-либо звезды;
5.	Начало какой системы координат совпадает с центром масс земли?	1. Геоцентрическая; 2. Квазигеоцентрическая; 3. Топоцентрическая; 4. Селеноцентрическая;
6.	Тело, ограниченное уровенной поверхностью совпадающей на морях и океанах с невозмущенной поверхностью воды и продолженной под материками носит название?	1. Эллипсоид 2. Шар; 3. Геоид; 4. Сфероид;
7.	Как называется система координат, основная координатная плоскость которой находится в плоскости местного горизонта?	1. Экваториальная; 2. Горизонтальная; 3. Орбитальная; 4. Эллипсоидальная;
8.	Найдите фундаментальное уравнение космической геодезии?	1. $\bar{r} = \bar{r}_l + \bar{R}_l + \Delta\bar{R}$ ; 2. $\bar{R}_l = \bar{r} - \bar{r}_l - \Delta\bar{R}$ ; 3. $r = \sqrt{X^2 + Y^2}$ ; 4. $r = \sqrt{X^2 + Y^2 + Z^2}$ ;
9.	Что называют полюсом Земли?	1. точка на поверхности Земли, через которую проходит ось вращения Земли; 2. точка, являющаяся началом в геоцентрической системе координат; 3. точка пересечения небесного экватора и эклиптики; 4. точка пересечения начального (Гринвического) меридиана и экватора;
10.	Что такое геодинамика?	1. наука изучающая природу глубинных сил и процессов, возникающих в результате планетарной эволюции Земли, и обуславливающих движение вещества внутри планеты; 2. наука о строении, движениях и деформациях литосферы, о её развитии в связи с развитием Земли в целом; 3. Наука, изучающая рельеф земной коры, его происхождение и историю развития; 4. Наука, изучающая формы, размеры Земли, ее внешнее гравитационное поле и методы измерений, необходимые для отображения земной поверхности на картах и планах.
11.	Что называют сферическими координатами?	1. $\alpha, \delta$ ; 2. $B, L, H$ ; 3. $A, S, Z$ ; 4. $X, Y, Z$
12.	Что называют солнечными сутками?	1. полный оборот Земли вокруг своей оси относительно направления на какую-либо звезду; 2. полный оборот Земли вокруг своей оси относительно направления на центр Солнца; 3. полный оборот Земли вокруг Солнца; 4. полный оборот Земли вокруг какой-

		либо звезды;
13.	Как называются спутники, оснащенные уголковыми отражателями для лазерных наблюдений?	1. Пассивные ИСЗ; 2. Активные ИСЗ; 3. Комбинированные ИСЗ; 4. Астрономические ИСЗ;
14.	Какой метод наблюдения ИСЗ не относится к оптическим?	1. Визуальные наблюдения; 2. Фотографические наблюдения; 3. Лазерные наблюдения; 4. Интерференционные наблюдения;
15.	Какие параметры не используются при преобразовании одной пространственной прямоугольной системы координат в другую?	1. Масштабный элемент; 2. Вектор переноса начала системы координат; 3. Углы вращения; 4. Направляющие косинусы;
16.	Как называется самая ближайшая к центру масс Земли точка орбиты?	1. Перигей; 2. Апогей; 3. Фокус; 4. Точка овна;
17.	Двугранный угол, отсчитываемый от плоскости экватора до плоскости орбиты спутника носит название?	1. Наклон орбиты; 2. Долгота восходящего узла; 3. Аргумент перигея; 4. Истинная аномалия;
18.	Доплеровский метод основан на:	1. Построении космической геодезической сети по результатам измерения направлений на ИСЗ и расстояний до них по этим направлениям; 2. Построении космической геодезической сети по результатам измерения направлений с наземных пунктов на ИСЗ; 3. Построении космической геодезической сети по результатам измерения расстояний от наземных пунктов до ИСЗ; 4. Построении космической геодезической сети по результатам измерения разности расстояний от наземных пунктов до двух смежных положений ИСЗ;
19.	Спутниковая альтиметрия – метод космической геодезии, в результате которого определяют?	1. Вертикальные расстояния между спутником и поверхностью, над которой измеряется высота; 2. Градиенты силы тяжести; 3. Топоцентрические расстояния между наземными пунктами и уголковыми отражателями, размещенными на поверхности Луны; 4. Временную задержку сигнала и частоту интерференции;
20.	Квазаром называют?	1. Естественный радиоисточник, находящийся за пределами галактики; 2. Уголковый отражатель размещенный на поверхности Луны; 3. Импульсный источник света; 4. Радиовысотомер;

## Вариант 2

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1	2	3
1.	Предмет космической геодезии?	1. Изучает вопросы геодезических работ при изысканиях, проектировании, строительстве и эксплуатации инженерных сооружений; 2. Изучает методы и средства создания

		топографических карт и планов по материалам фотографирования Земли; 3. Изучает методы составления, издания и использования карт; 4. Изучает вопросы обработки измерений, полученных при помощи искусственных спутников Земли, орбитальных станций и межпланетных кораблей.
2.	Что называют уровенной поверхностью?	1. поверхность равнины; 2. поверхность моря в спокойном состоянии; 3. поверхность озера в спокойном состоянии; 4. поверхность океана в спокойном состоянии;
3.	Форма и размеры земного эллипсоида однозначно определяются?	1. Полярным сжатием и квадратом первого эксцентриситета; 2. Растяжением и сжатием; 3. Размером его большой или малой полуосей и полярным сжатием; 4. Высотой и шириной;
4.	Положение точки на местности в плоской прямоугольной системе координат Гаусса-Крюгера определяется?	1. Широтой и долготой; 2. Углом и расстоянием; 3. Координатами $x, y$ ; 4. Расстоянием относительно экватора и Гринвического меридиана;
5.	Начало какой системы координат располагается в центре принятого референц-эллипсоида?	1. Геоцентрическая; 2. Квазигеоцентрическая; 3. Топоцентрическая; 4. Селеноцентрическая;
6.	Ортометрической высотой называется?	1. расстояние от поверхности геоида до точки физической поверхности Земли, отложенное по силовой линии поля силы тяжести; 2. высота квазигеоида над эллипсоидом; 3. высота геоида над эллипсоидом; 4. высота, отсчитываемая от поверхности квазигеоида до точек физической поверхности Земли;
7.	Точка весеннего равноденствия это?	1. Точка на пересечение небесного экватора и эклиптики; 2. Точка пересечения оси мира и небесной сферы; 3. Точка на поверхности земного эллипсоида; 4. Точка пересечения начального (Гринвического) меридиана и экватора;
8.	Как называется система координат, основная координатная плоскость которой находится в плоскости экватора на определенную эпоху?	1. Экваториальная; 2. Горизонтальная; 3. Орбитальная; 4. Эллипсоидальная;
9.	Как называется система координат, главная ось (ось $X$ ) которой направлена в точку пересечения начального (Гринвического) меридиана и экватора?	1. Инерциальная система координат; 2. Гринвическая система координат; 3. Мгновенная система координат; 4. Средняя система координат;
10.	Что называют центром масс Земли (геоцентр)?	1. точка на поверхности Земли, через которую проходит ось вращения Земли; 2. точка, являющаяся началом в геоцентрической системе координат; 3. точка пересечения небесного эква-

		тора и эклиптики; 4. точка пересечения начального (Гринвического) меридиана и экватора;
11.	Как называется среднее солнечное время на Гринвичском меридиане?	1. Эфемеридное (предвычисленное) время; 2. Всемирное время; 3. Атомное время; 4. Земное время;
12.	Как называются спутники, имеющие на борту специальные лампы-вспышки или радиотехническую аппаратуру?	1. Пассивные ИСЗ; 2. Активные ИСЗ; 3. Комбинированные ИСЗ; 4. Астрономические ИСЗ;
13.	Какой метод наблюдения ИСЗ не относится к радиоэлектронным?	1. Визуальные наблюдения; 2. Дальномерные наблюдения; 3. Доплеровские наблюдения; 4. Интерференционные наблюдения;
14.	Какой метод относится к динамические методам космической геодезии?	1. Линейно-угловой метод; 2. Космическая трилатерация; 3. Доплеровский метод; 4. Орбитальный метод;
15.	Как называется самая дальняя к центру масс Земли точка орбиты?	1. Перигей; 2. Апогей; 3. Фокус; 4. Точка овна;
16.	Какой из параметров не относится к основным элементам невозмущенной орбиты?	1. Долгота восходящего узла; 2. Эксцентриситет орбиты; 3. Аргумент широты; 4. Начальная фаза;
17.	Угол в плоскости орбиты от направления на восходящий узел до направления на перигей носит название?	1. Наклон орбиты; 2. Долгота восходящего узла; 3. Аргумент перигея; 4. Истинная аномалия;
18.	Метод космической-трилатерации основан на:	1. Построении космической геодезической сети по результатам измерения направлений на ИСЗ и расстояний до них по этим направлениям; 2. Построении космической геодезической сети по результатам измерения направлений с наземных пунктов на ИСЗ; 3. Построении космической геодезической сети по результатам измерения расстояний от наземных пунктов до ИСЗ; 4. Построении космической геодезической сети по результатам измерения разности расстояний от наземных пунктов до двух смежных положений ИСЗ;
19.	Метод радионтерферометрии со сверхдлинной базой – метод космической геодезии, в результате которого определяют?	1. Вертикальные расстояния между спутником и поверхностью, над которой измеряется высота; 2. Градиенты силы тяжести; 3. Топоцентрические расстояния между наземными пунктами и угловыми отражателями, размещенными на поверхности Луны; 4. Временную задержку сигнала и частоту интерференции;
20.	Какая из подсистем (сегментов) технических средств не входит в состав спутниковых навигационных систем?	1. Подсистема космических аппаратов; 2. Подсистема контроля и управления; 3. Сегмент потребителя; 4. Подсистема времени;

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1	2	3
1.	Как называются спутники, которые наблюдают за счет отраженных солнечных лучей или отраженного луча лазера?	1. Пассивные ИСЗ; 2. Активные ИСЗ; 3. Комбинированные ИСЗ; 4. Астрономические ИСЗ;
2.	Назовите дату запуска в СССР первого искусственного спутника Земли.	1. 4 октября 1957 г; 2. 10 ноября 1964; 3. 15 февраля 1948; 4. 25 апреля 1960;
3.	Положение точки в пространственной геодезической системе координат определяется координатами?	1. $B, L, H$ ; 2. $X, Y, Z$ ; 3. $x, y$ ; 4. $A, S, Z$
4.	Как называется система координат, основная координатная плоскость которой находится в плоскости орбиты ИСЗ?	1. Экваториальная; 2. Горизонтальная; 3. Орбитальная; 4. Эллипсоидальная;
5.	Начало какой системы координат располагается в пункте наблюдения?	1. Геоцентрическая; 2. Квазигеоцентрическая; 3. Топоцентрическая; 4. Селеноцентрическая;
6.	Нормальной высотой называется?	1. расстояние от поверхности геоида до точки физической поверхности Земли, отложенное по силовой линии поля силы тяжести; 2. высота квазигеоида над эллипсоидом; 3. высота, отсчитываемая от поверхности квазигеоида до точек физической поверхности Земли; 4. высота геоида над эллипсоидом;
7.	Как называется система координат, главная ось (ось X) которой направлена в точку весеннего равноденствия?	5. Инерциальная система координат; 6. Гринвическая система координат; 7. Мгновенная система координат; 8. Средняя система координат;
8.	Что не относится к причинам вековых смещений центра масс Земли (геоцентр)?	1. Изменения уровня моря; 2. Изменения в ледяном щите; 3. Изменение положения станции наблюдения; 4. Тектонические смещения в земной коре;
9.	Найти формулу Гельмерта, используемую для преобразования координат?	1. $\begin{bmatrix} X_i \\ Y_i \\ Z_i \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} (N+H_j)\cos B_j \cos L_j \\ (N+H_j)\cos B_j \sin L_j \\ [N(1-e^2)+H_j]\sin B_j \end{bmatrix};$ 2. $\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \alpha \cos \delta \\ \cos \delta \sin \alpha \\ \sin \delta \end{bmatrix};$ 3. $r = \sqrt{X^2 + Y^2 + Z^2};$ 4. $\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_{СКД} = \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_{WGS} + \begin{bmatrix} T_X \\ T_Y \\ T_Z \end{bmatrix};$
10.	Как называется равномерное текущее время?	5. Эфемеридное (предвычисленное) время; 6. Всемирное время; 7. Атомное время; 8. Земное время;
11.	Найти формулу для вычисления расстояния до ИСЗ при лазерных наблюдениях?	1. $r = \frac{c\Delta t}{2};$ 2. $r = R+N+h;$

		3. $r = ct$ ; 4. $S = cT$ ;
12.	Как называется метод построения космической геодезической сети, в котором координаты наземных пунктов определяют исходя из теории движения спутника в геоцентрической системе координат?	1. Динамический метод; 2. Геометрический метод; 3. Угловой метод; 4. Орбитальный метод;
13.	Какой из законов не относится к законам Кеплера?	1. Орбитой ИСЗ является эллипс в одном из фокусов которого находится центр масс Земли; 2. Радиус-вектор спутника, за равные промежутки времени описывает в плоскости орбиты равные площади; 3. Отношение квадрата периода обращения спутника к кубу большой полуоси его орбиты есть величина постоянная; 4. Все тела притягиваются друг к другу с силой, прямо пропорциональной произведению их масс и обратно пропорциональной квадрату расстояния между ними;
14.	Какой из параметров относится к основным элементам орбиты,	1. Эксцентриситет орбиты; 2. Истинная аномалия; 3. Фокальный параметр; 4. Аргумент широты;
15	Какой метод наблюдений не относится к геометрическим методам построения космической геодезической сети?	4. Линейно-угловой метод; 5. Космическая трилатерация; 6. Доплеровский метод; 7. Орбитальный метод;
16	Что называют восходящим узлом?	1. Одна из точек пересечения орбиты с плоскостью экватора, которую ИСЗ проходит перемещаясь из южной полусферы в северную; 2. Одна из точек пересечения орбиты с плоскостью экватора, которую ИСЗ проходит перемещаясь из северной полусферы в южную; 3. Точка пересечения небесного экватора и эклиптики; 4. Точка пересечения начального (Гринвического) меридиана и экватора;
17.	Угол в плоскости орбиты между направлением на восходящий узел и направлением на ИСЗ носит название?	1. Аргумент широты; 2. Наклон орбиты; 3. Долгота восходящего узла; 4. Аргумент перигея;
18.	Метод космической-триангуляции основан на:	5. Построении космической геодезической сети по результатам измерения направлений на ИСЗ и расстояний до них по этим направлениям; 6. Построении космической геодезической сети по результатам измерения направлений с наземных пунктов на ИСЗ; 7. Построении космической геодезической сети по результатам измерения расстояний от наземных пунктов до ИСЗ; 8. Построении космической геодезической сети по результатам измерения разности расстояний от наземных пунктов до двух смежных положений ИСЗ;
19.	Лазерная локация Луны – метод космической геодезии, в результате которого определяют?	1. Вертикальные расстояния между спутником и поверхностью, над которой измеряется высота; 2. Градиенты силы тяжести;

		3. Топоцентрические расстояния между наземными пунктами и уголковыми отражателями, размещенными на поверхности Луны; 4. Временную задержку сигнала и частоту интерференции;
20.	Основной прибор используемый для определения высот спутника над поверхностью:	1. Альтиметр; 2. Градиентометр; 3. Интерферометр; 4. Радиотелескоп;

### 6.3. Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания

#### 6.3.2. Критерии оценок промежуточной аттестации (экзамен)

Оценка			
«2» (неудовлетворительно)	Пороговый уровень освоения	Углубленный уровень освоения	Продвинутый уровень освоения
	«3» (удовлетворительно)	«4» (хорошо)	«5» (отлично)
Студент не знает значительной части материала, допускает существенные ошибки в ответах на вопросы	Студент поверхностно знает материал основных разделов и тем учебной дисциплины, допускает неточности в ответе на вопрос	Студент хорошо знает материал, грамотно и по существу излагает его, допуская некоторые неточности в ответе на вопрос.	Студент в полном объеме знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос
Не умеет находить решения большинства предусмотренных программой обучения заданий	Иногда находит решения, предусмотренные программой обучения заданий	Уверенно находит решения, предусмотренные программой обучения заданий	Безошибочно находит решения, предусмотренные программой обучения заданий
Большинство предусмотренных программой обучения заданий не выполнено	Предусмотренные программой обучения задания выполнены удовлетворительно	Предусмотренные программой обучения задания успешно выполнены	Предусмотренные программой обучения задания успешно выполнены

#### *Примерная шкала оценивания знаний в тестовой форме:*

Количество правильных ответов, %	Оценка
0-49	Неудовлетворительно
50-65	Удовлетворительно
66-85	Хорошо
86-100	Отлично

## 7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 7.1. Рекомендуемая литература

#### 7.1.1. Основная литература

1. Мустафин, М.Г. Космическая геодезия и геодинамика. Теоретические основы: Учебное пособие / М.Г. Мустафин, А.И. Казанцев. Санкт-Петербургский горный университет. СПб, 2018. 95 с.

2. Крылов, В. И. Космическая геодезия и геодинамика [Электронный ресурс]: Практикум по выполнению практических заданий / В.И. Крылов. — М.: МИИГАиК. – 2017. - 35с. - Режим доступа: <http://old.miiigaik.ru/library.miiigaik.ru/uchebnieposobiya/20170623142129-6281.pdf>

3. Авакян, В.В. Прикладная геодезия. Технологии инженерно-геодезических работ [Электронный ресурс]: учебное пособие для вузов / В.В. Авакян. Вологда: Инфра-Инженерия, 2016. – 588 с. – Режим доступа: <http://www.catalog.spmi.ru/marcweb2/Found.asp>

4. Мовчан, И.Б. Спутники и космические снимки как составляющие системы обеспечения первичной оценки природной обстановки [Электронный ресурс]: учеб. пособие / И.Б.Мовчан, А.А.Яковлева. - СПб. : ЭлекСис, 2015. - 118 с. - Режим доступа: <http://www.catalog.spmi.ru/marcweb2/Found.asp>

5. Мовчан, И.Б. Методы дистанционного зондирования Земли и их рабочие материалы [Электронный ресурс]: учеб.-метод. пособие (курс лекций) для магистрантов / И.Б. Мовчан, М.Ш. Баркан, И.А. Голубев. - СПб.: НМСУ «Горный», 2013. - 120 с. – Режим доступа: <http://www.catalog.spmi.ru/marcweb2/Found.asp>

6. Дементьев, В.Е. Современная геодезическая техника и ее применение [Электронный ресурс]: Учебное пособие для вузов / В.Е. Дементьев. – М.: Академический Проект, 2008. — 591 с. — Режим доступа: <http://www.catalog.spmi.ru/marcweb2/Found.asp>

### **7.1.2. Дополнительная литература**

1. Антонович, К.М. Использование спутниковых радионавигационных систем в геодезии [Текст]. в 2 т. Т. 2. [Электронный ресурс]: Монография / К.М. Антонович; ГОУ ВПО «Сибирская государственная геодезическая академия». – М.: ФГУП «Картгеоцентр», 2006. – 360 с. - Режим доступа: <http://www.geokniga.org/bookfiles/geokniga-antonovich-km-ispolzovanie-srns-v-geodezii-tom-2-2006.pdf>

2. Краснорылов, И. И. Основы космической геодезии. : Учебное пособие для студентов геодезических специальностей / И.И. Краснорылов, Ю.В. Плахов. – М.: Недра, 1976. – 216 с. - Режим доступа: <http://www.geokniga.org/bookfiles/geokniga-krasnorylov-ii-plahov-yuv-osnovy-kosmicheskoy-geodezii-1976.pdf>

3. Глобальные навигационные спутниковые системы. Системы координат. Методы преобразования координат определяемых точек [Электронный ресурс]: ГОСТ Р 51794-2008. - М.: Стандартинформ, 2009. – 21 с. - Режим доступа: <http://www.gosthelp.ru/gost/gost48175.html>

4. Глобальная навигационная спутниковая система. Методы и технологии выполнения геодезических и землеустроительных работ. Определение относительных координат по измерениям псевдодальностей. Основные положения [Электронный ресурс]: ГОСТ Р 53607-2009. - Введен 15.12.2009 г. Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии. - 2010. – 13 с. - Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/gost-r-53607-2009>

5. Спутниковая технология геодезических работ. Термины и определения. РТМ 68-14-01 [Электронный ресурс]: Руководящий технический материал / Центр. науч.-иссл. ин-т геодезии, аэросъемки и картографии. - М.: ЦНИИГАиК, 2001. - 28 с. - Режим доступа: <http://www.catalog.spmi.ru/marcweb2/Found.asp>

### **7.1.3. Учебно-методическое обеспечение**

1. Мустафин, М.Г. Космическая геодезия и геодинамика. Методы и технологии выполнения геодезических работ [Электронный ресурс]: Методические указания к практическим занятиям / М.Г. Мустафин, А.И. Казанцев. – СПб.: Санкт-Петербургский горный университет. - 2017. – 23с. - Режим доступа: [http://ior.spmi.ru/system/files/pr/pr\\_1543391311.pdf](http://ior.spmi.ru/system/files/pr/pr_1543391311.pdf)

2. Мустафин, М.Г. Космическая геодезия и геодинамика. Контрольные работы: Методические указания для самостоятельной работы / Санкт-Петербургский горный университет. Сост.: М.Г. Мустафин, А.И. Казанцев. СПб, 2018. 18 с. . - Режим доступа: [http://ior.spmi.ru/system/files/srs/srs\\_1543387338.pdf](http://ior.spmi.ru/system/files/srs/srs_1543387338.pdf)

## **7.2. Базы данных, электронно-библиотечные системы, информационно-справочные и поисковые системы**

- Электронная библиотека Российской Государственной Библиотеки (РГБ): <http://www.rsl.ru/>
- Мировая цифровая библиотека: <http://wdl.org/ru>

- Библиотека СПГУ: <http://www.spmi.ru>
- Свободная энциклопедия Википедия: <https://ru.wikipedia.org>
- Электронная библиотека учебников: <http://studentam.net>

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

### **8.1. Материально-техническое оснащение аудиторий:**

Специализированные аудитории, используемые при проведении лекционных и практических занятий, оснащены мультимедийными проекторами и комплектом аппаратуры, позволяющей демонстрировать текстовые и графические материалы.

Лекционный курс читается с мультимедийным сопровождением – демонстрацией презентационного материала с помощью мультимедийного проектора.

Мебель: Доска аудиторная – 2 шт., кафедра-стол – 1 шт.; парта (2 места для сидения) – 16 шт.; парта (4 места для сидения) – 16 шт.; стол (4-местный) - 2 шт.; стол (2-местный) – 2 шт.; стулья – 8 шт.; плакат – 1 шт.

Оборудование и приборы: комплект мультимедийный – 1 шт.

### **8.2. Помещения для самостоятельной работы :**

Оснащенность помещения для самостоятельной работы: 13 посадочных мест. Стул – 25 шт., стол – 2 шт., стол компьютерный – 13 шт., шкаф – 2 шт., доска аудиторная маркерная – 1 шт., АРМ учебное ПК (монитор + системный блок) – 14 шт. Доступ к сети «Интернет», в электронную информационно-образовательную среду Университета.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Microsoft Windows 7 Professional. Microsoft Office 2010 Standard. Kaspersky antivirus 6.0.4.142.

### **8.3. Помещения для хранения и профилактического обслуживания оборудования:**

Центр новых информационных технологий и средств обучения:

Оснащенность: персональный компьютер – 2 шт. (доступ к сети «Интернет»), монитор – 4 шт., сетевой накопитель – 1 шт., источник бесперебойного питания – 2 шт., телевизор плазменный Panasonic – 1 шт., точка Wi-Fi – 1 шт., паяльная станция – 2 шт., дрель – 5 шт., перфоратор – 3 шт., набор инструмента – 4 шт., тестер компьютерной сети – 3 шт., баллон со сжатым газом – 1 шт., паста теплопроводная – 1 шт., пылесос – 1 шт., радиостанция – 2 шт., стол – 4 шт., тумба на колесиках – 1 шт., подставка на колесиках – 1 шт., шкаф – 5 шт., кресло – 2 шт., лестница Alve – 1 шт.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Microsoft Windows 7 Professional. Microsoft Office 2010 Professional Plus. Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Endpoint Security.

### **8.4. Лицензионное программное обеспечение:**

Microsoft Office 2007 Standard