



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ГЕОДЕЗИИ И КАРТОГРАФИИ
(МИИГАиК)

Геодезический факультет
Кафедра астрономии и космической геодезии



**ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ**

Сертификат: 5387FD2AF5B17FED816FDE9A1D4973B1
Владелец: Степанченко Алексей Леонидович
Действителен: с 21.07.2025 по 14.10.2026

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор
А. Л. Степанченко
16 февраля 2024 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)
«Б1.В.01 СПЕЦИАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ КОСМИЧЕСКОЙ ГЕОДЕЗИИ И
НАВИГАЦИИ»**

Уровень высшего образования: магистратура

Направление подготовки: 21.04.03 Геодезия и дистанционное зондирование

Направленность(профиль) подготовки: Геодезия

Квалификация (степень) выпускника: магистр

Форма обучения: очная

Год набора (приема на обучение): 2024

Срок получения образования: 2 года

Объем:
в зачетных единицах: 4 з.е.
в академических часах: 144 ак.ч.

Москва, 2024

Разработчики:

Заведующий кафедрой Астрономии и космической геодезии, к.н.,
доцент Крылов В. И.

Рабочая программа дисциплины (модуля) составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 21.04.03 Геодезия и дистанционное зондирование, утвержденного приказом Минобрнауки от 11.08.2020 № 938

Согласование и утверждение

№	Подразделение	Ответственное лицо	ФИО	Виза	Дата, протокол (при наличии)
1	Геодезический факультет	Председатель ученого совета факультета	Половнев О. В.	Рассмотрено	11.12.2023, № 7/23

Содержание

1. Цель и задачи освоения дисциплины (модуля)
2. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы
3. Место дисциплины в структуре ОП
4. Объем дисциплины и виды учебной работы
5. Содержание дисциплины
 - 5.1. Разделы, темы дисциплины и виды занятий
 - 5.2. Содержание разделов, тем дисциплины и формы текущего контроля
6. Оценочные материалы текущего контроля
7. Оценочные материалы промежуточной аттестации
8. Порядок проведения промежуточной аттестации
9. Материально-техническое и учебно-методическое обеспечение дисциплины
 - 9.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы
 - 9.2. Профессиональные базы данных и ресурсы «Интернет», к которым обеспечивается доступ обучающихся
 - 9.3. Программное обеспечение и информационно-справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине
 - 9.4. Оборудование и технические средства обучения
10. Методические указания по освоению дисциплины (модуля)

1. Цель и задачи освоения дисциплины (модуля)

Цель освоения дисциплины - ознакомление магистрантов с отдельными специальными разделами «Космической геодезии», как современной геодезической науки; формирование представлений о методах изучения Земли как планеты Солнечной системы; формирование профессиональных компетенций, определяющих готовность и способность магистра, прошедшего подготовку по направлению «Геодезия и дистанционное зондирование» по профилю «Космическая геодезия и навигация» к использованию знаний из области космической геодезии для решения основных задач геодезии.

Задачи изучения дисциплины:

- формирование понятий о структуре и функционировании навигационных спутниковых систем; ;
- освоение навыков в выполнении предварительной обработки наблюдений спутников навигационных систем; в выполнении априорной оценке точности космических геодезических построений; ;
- формирование умений решать задачи космической геодезии с помощью спутниковых технологий. .

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Компетенции, индикаторы и результаты обучения

ПК-2 Способен применять результаты профессиональной деятельности при производстве работ обеспечения отраслей народного хозяйства геодезической информацией

ПК-2.1 Проводит исследования для совершенствования производственно-технологических процессов при выполнении инженерно-геодезических работ

Знать:

ПК-2.1/Зн1 Знать современные методы наблюдений, используемые в космической геодезии

Уметь:

ПК-2.1/Ум1 Уметь применять результаты обработки наблюдений современными методами в интересах геодезии

Владеть:

ПК-2.1/Нв1 Владеть способами обработки наблюдений современными методами

ПК-4 Способен применять системы телекоммуникации, глобального спутникового позиционирования, геоинформационные системы при аэросъемочных и геодезических работах

ПК-4.1 Применяет системы телекоммуникации, глобального спутникового позиционирования, геоинформационные системы при аэросъемочных и геодезических работах

Знать:

ПК-4.1/Зн1 Знать структуру и принципы функционирования глобальных навигационных спутниковых систем

Уметь:

ПК-4.1/Ум1 Уметь использовать наблюдения спутников, образующих глобальные навигационные спутниковые системы, для решения задач геодезии

Владеть:

3. Место дисциплины в структуре ОП

Дисциплина (модуль) Б1.В.01 «Специальные вопросы космической геодезии и навигации» относится к формируемой участниками образовательных отношений части образовательной программы и изучается в семестре(ах): 3.

В процессе изучения дисциплины студент готовится к решению типов задач профессиональной деятельности, предусмотренных ФГОС ВО и образовательной программой.

4. Объем дисциплины (модуля) и виды учебной работы

Период обучения	Общая трудоемкость (часы)	Общая трудоемкость (ЗЕТ)	Лабораторные занятия (часы)	Лекционные занятия (часы)	Самостоятельная работа (часы)	Промежуточная аттестация (часы)
3 семестр	144	4	36	18	54	Экзамен (36)
Всего	144	4	36	18	54	36

5. Содержание дисциплины (модуля)

5.1. Разделы, темы дисциплины и виды занятий (часы промежуточной аттестации не указываются)

Наименование раздела, темы	Всего	Лабораторные занятия	Лекционные занятия	Самостоятельная работа	Планируемые результаты обучения, соотношенные с результатами освоения программы
Раздел 1. Глобальные навигационные спутниковые системы	55	20	11	24	ПК-4.1
Тема 1.1. Принципы построения, структура и функционирование спутниковых радионавигационных систем	31	13	6	12	
Тема 1.2. Дополнения спутниковых радионавигационных систем	24	7	5	12	
Раздел 2. Современные методы космической геодезии	53	16	7	30	ПК-2.1

Тема 2.1. Метод радиоинтерферометрии со сверхдлинной базой	20	6	2	12
Тема 2.2. Метод спутниковой альтиметрии	12	4	2	6
Тема 2.3. Межспутниковые наблюдения и спутниковая градиентометрия.	21	6	3	12
Итого	108	36	18	54

5.2. Содержание разделов, тем дисциплин и формы текущего контроля

Раздел 1. Глобальные навигационные спутниковые системы

Тема 1.1. Принципы построения, структура и функционирование спутниковых радионавигационных систем

История создания и развития радионавигационных спутниковых систем. Секор. Транзит и Цикада. Глонасс. GPS. Галилео. Основной принцип спутниковой навигации. Структура спутниковых навигационных систем. Шкалы времени.

Методы решения навигационных задач. Кодовые псевдодальности. Фазовые измерения. Геометрический фактор. Модуляция колебаний. Формирование псевдослучайной последовательности. Сигналы и сообщения, передаваемые со спутников. Определение псевдодальностей.

Источники ошибок и точность координатно-временных определений. Погрешности эфемерид и бортовой шкалы времени. Погрешности, вносимые условиями распространения сигнала. Погрешности, вносимые аппаратурой пользователя. Способы повышения точности навигационного обеспечения.

Тема 1.2. Дополнения спутниковых радионавигационных систем

Сущность дифференциальной навигации. Разновидности дифференциального режима. Широкозонные дифференциальные системы. WAAS. EGNOS. MSAS. GAGAN. СДКМ. Геодезическое использование ГНСС.

Геодезические сети, построенные с помощью ГНСС. Референцные мониторинговые станции, их роль и назначение. Использование ГНСС при выполнении геодезических работ прикладного характера. Международная служба IGS. Спутниковые системы Дорис и Праре.

Текущий контроль

Вид (форма) контроля
Практическая работа

Раздел 2. Современные методы космической геодезии

Тема 2.1. Метод радиоинтерферометрии со сверхдлинной базой

Уравнения связи в методе радиоинтерферометрии со сверхдлинной базой (РСДБ). Определение длины и направления земной хорды по наблюдениям квазаров. Использование метода радиоинтерферометрии со сверхдлинной базой для определения движения полюса.

Текущий контроль

Вид (форма) контроля

Тема 2.2. Метод спутниковой альтиметрии

Геометрия спутникового нивелирования. Уравнение связи в спутниковой альтиметрии.

Тема 2.3. Межспутниковые наблюдения и спутниковая градиентометрия.

Измеренные величины по линии спутник-спутник. Уравнения связи. Уравнения поправок. Инструментальная, локальная и гринвичская системы координат в методе спутниковой градиентометрии. Преобразование вторых производных гравитационного потенциала из одной системы координат в другую. Уравнения связи. Уравнения поправок.

Текущий контроль

Вид (форма) контроля
Тестирование

6. Порядок проведения промежуточной аттестации

Порядок проведения промежуточной аттестации регламентируется локальными нормативными актами Университета:

- Положением о формах, периодичности, порядке текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по основным образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Московский государственный университет геодезии и картографии», п.6 «Организация и проведение промежуточной аттестации».
- Положением о порядке осуществления образовательного процесса, проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Московский государственный университет геодезии и картографии», п.8 «Проведение промежуточной аттестации с применением ЭО и ДОТ».

Промежуточная аттестация: Экзамен, 3 семестр.

Для проведения промежуточной аттестации, исходя из сформированных перечней (вопросов к экзамену) формируются билеты к экзамену.

Сформированные перечни (вопросы к экзамену) должны в совокупности охватывать все компетенции и заявленные в программе основные результаты обучения по дисциплине на уровне ЗНАТЬ, УМЕТЬ, ВЛАДЕТЬ.

Билеты формируются случайной выборкой из перечней, а итоговый результат оценивания соотносится на весь заявленный в программе перечень результатов обучения по дисциплине

7. Оценочные материалы текущего контроля

Раздел 1. Глобальные навигационные спутниковые системы

Контролируемые ИДК: ПК-4.1

Тема 1.2. Дополнения спутниковых радионавигационных систем

Форма контроля/оценочное средство: Практическая работа

Вопросы/Задания:

1. Априорная оценка точности космического геодезического построения

На заданной административной территории студент намечает пункты установки приёмников ГНСС. Конструирует "измеренные" величины, формирует свободные члены в

уравнениях поправок, формирует матрицы коэффициентов перед неизвестными, выполняет уравнивание геодезического построения.

Раздел 2. Современные методы космической геодезии

Контролируемые ИДК: ПК-2.1

Тема 2.1. Метод радиоинтерферометрии со сверхдлинной базой

Форма контроля/оценочное средство: Практическая работа

Вопросы/Задания:

1. Вычисление координат земного полюса по наблюдениям квазаров

Используя наблюдения квазаров, полученных методом радиоинтерферометрии со сверхдлинной базой, определяются параметры вращения Земли.

Тема 2.3. Межспутниковые наблюдения и спутниковая градиентометрия.

Форма контроля/оценочное средство: Тестирование

Вопросы/Задания:

1. Какую величину можно вычислить по измеренному доплеровскому сдвигу частоты передатчика, установленного на борту спутника?

- А. Направление на спутник
- Б. Расстояние до спутника
- В. Орбитальную скорость спутника
- Г. Радиальную скорость спутника

2. С чем связана неоднозначность фазовых измерений?

- А. С неизвестным количеством длин волн, укладываемых в измеряемом расстоянии в момент захвата радиосигнала
- Б. С неизвестной задержкой сигнала при прохождении им атмосферы
- В. С неизвестной поправкой часов потребителя
- Г. Со слишком грубыми априори данными о координатах потребителя

3. В каком слое атмосферы задержка электромагнитного сигнала зависит от его частоты?

- А. В тропосфере
- Б. В стратосфере
- В. В ионосфере
- Г. В тропопаузе

4. Объектами наблюдения в методе РСДБ являются

- А. Звёзды
- Б. ИСЗ
- В. Квазары
- Г. Пульсары

5. Чему равны значения частот излучения, использовавшихся в спутниковой радионавигационной системе «Цикада»?

- А. 1200 МГц и 1600 МГц
- Б. 1200 кГц и 1600 кГц
- В. 150 МГц и 400 МГц
- Г. 150 кГц и 400 кГц

6. Чему равно произведение длины волны на частоту излучения спутникового передатчика?

- А. Орбитальной скорости спутника
- Б. Радиальной скорости спутника
- В. Скорости света
- Г. Мощности излучения

7. Какое минимальное количество навигационных приемников должно быть при использовании дифференциального режима спутниковой радионавигационной системы?

- А. Один приёмник
- Б. Два приёмника
- В. Три приёмника
- Г. Четыре приёмника

8. Что служит измеряемой величиной в методе РСДБ?

- А. Направление на квазар
- Б. Угол между двумя квазарами
- В. Временная задержка
- Г. Расстояние до квазара

9. Что является поверхностью положения, если в качестве навигационного параметра используется дальность?

- А. Конус
- Б. Гиперболический параболоид
- В. Сфера
- Г. Трёхосный эллипсоид

10. Сколько орбитальных плоскостей и сколько спутников в каждой плоскости используется в радионавигационной системе ГЛОНАСС?

- А. 3 орбитальные плоскости по 8 спутников в каждой
- Б. 4 орбитальные плоскости по 6 спутников в каждой
- В. 6 орбитальных плоскостей по 4 спутника в каждой
- Г. 8 орбитальных плоскостей по 3 спутника в каждой

11. Как называются электромагнитные колебания, длина волны которых больше 0,1 мм?

- А. Инфракрасные волны
- Б. Радиоволны
- В. Рентгеновские волны
- Г. Оптические волны

12. К какому классу относятся дифференциальные системы WAAS, EGNOS, MSAS, GAGAN?

- А. Локальные системы
- Б. Региональные системы
- В. Широкозонные системы

13. Какой метод использовался при определении координат полюса по наблюдениям звёзд?

- А. Метод Сомнера
- Б. Метод Струве
- В. Метод Цингера
- Г. Метод Талькотта

14. Различие между мгновенными гринвичскими и истинными равноденственными координатами одной и той же эпохи вызвано влиянием

- А. Прецессии
- Б. Нутации
- В. Движения земных полюсов
- Г. Вращения Земли вокруг своей оси

15. Сколько орбитальных плоскостей и сколько спутников в каждой плоскости используется в радионавигационной системе GPS?

- А. 4 орбитальные плоскости по 6 спутников в каждой
- Б. 6 орбитальных плоскостей по 4 спутника в каждой
- В. 8 орбитальных плоскостей по 3 спутника в каждой
- Г. 3 орбитальные плоскости по 8 спутников в каждой

16. Что служит измеряемой величиной в методе спутниковой альтиметрии?

- А. Аномалия высоты
- Б. Аномалия силы тяжести
- В. Уклонение отвесной линии
- Г. Высота спутника над водной поверхностью

17. Положение мгновенного полюса относительно Международного Условного Начала (МУН) принято задавать

- А. В плоской прямоугольной системе координат с началом в МУН
- Б. В трёхмерной прямоугольной системе координат с началом в центре масс Земли
- В. В трёхмерной прямоугольной системе координат с началом в МУН
- Г. В плоской полярной системе координат с началом в МУН

18. Каково минимальное количество спутников, которое должен «видеть» потребитель для решения навигационной задачи с помощью систем ГЛОНАСС или GPS?

- А. 1 спутник
- Б. 2 спутника
- В. 3 спутника
- Г. 4 спутника

19. На каком методе базировалась навигационная система первого поколения "Транзит"?

- А. На дальномерном
- Б. На эффекте Доплера
- В. На угловом

20. На сколько минут продолжительность звёздных суток короче продолжительности средних солнечных суток?

- А. на 1 минуту
- Б. на 2 минуты
- В. на 3 минуты
- Г. на 4 минуты

21. Из-за прецессии эклиптики точка весеннего равноденствия перемещается со скоростью

- А. 50,39 секунд дуги в год
- Б. 46,00 секунд дуги в год
- В. 20,04 секунды дуги в год
- Г. 0,11 секунды дуги в год

22. На сколько часов время в системной шкале ГЛОНАСС опережает время в шкале UTC(SU)?

- А. на 1 час
- Б. на 2 часа
- В. на 3 часа
- Г. на 4 часа

23. Что называется "углом маски"?

- А. Минимальный угол возвышения спутника над горизонтом
- Б. Максимальный угол возвышения спутника над горизонтом
- В. Минимальное зенитное расстояние спутника

8. Оценочные материалы промежуточной аттестации

3 семестр, Экзамен

Контролируемые ИДК: ПК-2.1 ПК-4.1

Вопросы/Задания:

1. Основной принцип спутниковой навигации.

Структура спутниковых навигационных систем.

2. Спутниковая навигационная система SECOR.
Принцип работы.
3. Спутниковые навигационные системы TRANSIT и ЦИКАДА.
Принцип работы.
4. Спутниковые навигационные системы GPS и ГЛОНАСС.
Принцип работы глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС).
5. Уравнения поправок при использовании ГНСС.
Кодовые и фазовые псевдодальности.
6. Астрономические шкалы времени.
Звёздное, солнечное, Всемирное время.
7. Релятивистские шкалы времени.
Пространственно-временная метрика Шварцшильда.
8. Спутниковая альтиметрия.
Задачи, которые решают с помощью метода спутниковой альтиметрии.
9. Метод радиоинтерферометрии со сверхдлинной базой (РСДБ),
Принцип работы метода РСДБ.
10. Метод спутниковой градиентометрии.
Принцип работы метода спутниковой градиентометрии.
11. Движение основных плоскостей под влиянием прецессии.
Движение экватора под влиянием прецессии.
Движение эклиптики под влиянием прецессии.
12. Движение экватора под влиянием нутации.
Сущность явления нутации.
13. Матрицы вращения при преобразовании прямоугольных координат.
Углы Эйлера и углы Кардано.
14. Явление движения земных полюсов.
Средние и мгновенные гринвичские координаты.
15. Небесные и земные системы координат.
Истинные и средние равноденственные системы координат.
Мгновенные и средние гринвичские системы координат.

9. Материально-техническое и учебно-методическое обеспечение дисциплины

9.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Основная литература

1. Антонович К.М. Использование спутниковых радионавигационных систем в геодезии. В 2-х т. Т. 1. Монография. ГОУ ВПО "Сибирская государственная геодезическая академия". / К.М. Антонович. - ФГУП "Картгеоцентр", 2005. - 334 - 5-86066-072-3 (т.1). - Текст: непосредственный.
2. Антонович К.М. Использование спутниковых радионавигационных систем в геодезии. В 2-х т. Т. 2. Монография. ГОУ ВПО "Сибирская государственная геодезическая академия". / К.М. Антонович. - ФГУП "Картгеоцентр", 2006. - 360 - 5-86066-077-4 (т.2). - Текст: непосредственный.

Дополнительная литература

1. Крылов В.И. Координатно-временные преобразования в геодезии: учебное пособие. - М.: Изд-во МИИГАиК, 2014. - 90 с., ил.

2. Генике А.А. Глобальные спутниковые системы определения местоположения и их применение в геодезии. / А.А. Генике, Г.Г. Побединский. - 2-е изд., перераб. и доп. - Издательство Картгеоцентр, 2004. - 351 - 5-86066-063-4. - Текст: непосредственный.

9.2. Профессиональные базы данных и ресурсы «Интернет», к которым обеспечивается доступ обучающихся

Профессиональные базы данных

Не используются.

Ресурсы «Интернет»

1. <http://www.astronet.ru/> - Российская Астрономическая сеть

9.3. Программное обеспечение и информационно-справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Перечень программного обеспечения

(обновление производится по мере появления новых версий программы)

Не используется.

Перечень информационно-справочных систем

(обновление выполняется еженедельно)

Не используется.

9.4. Оборудование и технические средства обучения

Смешанный тип

Интерактивная панель - 1 шт.

Меловая доска - 1 шт.

10. Методические указания по освоению дисциплины (модуля)

С целью успешного освоения данного предмета студенту необходимо выполнять домашние работы по указанным преподавателям темам и представленным на занятиях материалам. Для более успешного выполнения работы студенту предлагается использование учебно-методических материалов, соответствующих указанной теме.

Самостоятельная работа студентов описывается и регулируется:

- Методическими рекомендациями по дисциплине;
- Методическими рекомендациями по организации самостоятельной работы студентов МИИГАиК;

Описание возможностей изучения дисциплины лицами с ОВЗ и инвалидами

При необходимости обучения студентов-инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья аудиторные занятия могут быть заменены или дополнены изучением полнотекстовых лекций, презентаций, видео- и аудиоматериалов в электронной информационно-образовательной среде (ЭИОС) университета. Индивидуальные задания подбираются в адаптированных к ограничениям здоровья формах (письменно или устно, в форме презентаций). Выбор методов обучения зависит от их доступности для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья.

Рабочая программа дисциплины для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья разрабатывается индивидуально с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся.

