



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

Геодезический факультет
Кафедра 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
15 мая 2026 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)
ГЕОДЕЗИЧЕСКИЙ МОДУЛЬ
«Б1.В.01.ДВ.04.02 СПУТНИКОВЫЕ НАВИГАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ»**

Уровень высшего образования: бакалавриат

Направление подготовки: 21.03.03 Геодезия и дистанционное зондирование

Направленность(профиль) подготовки: Аэрокосмические съёмки и фотограмметрия

Квалификация (степень) выпускника: бакалавр

Форма обучения: очная

Год набора (приема на обучение): 2026

Срок получения образования: 4 года

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

Москва, 2026

Разработчики:

Доцент кафедры Геодезии, к.т.н. Кравчук И. М.

Рабочая программа дисциплины (модуля) составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 21.03.03 Геодезия и дистанционное зондирование, утвержденного приказом Минобрнауки от 12.08.2020 № 972

Согласование и утверждение

№	Подразделение	Ответственное лицо	ФИО	Виза	Дата, протокол (при наличии)
1	Геодезический факультет	Председатель ученого совета факультета	Половнев О. В.	Рассмотрено	28.01.2026, № 14

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 - комплексное освоение студентами принципов координатных определений спутниковыми методами и средствами в геодезии и топографии

Задачи изучения дисциплины:

- освоение работы со спутниковой аппаратурой во всех доступных режимах, навыками обработки результатов полевых измерений в специализированном программном обеспечении, навыками представления информации, полученной в результате обработки, в заданном виде;
- формирование понятий по теории координатных определений спутниковыми методами, системам координат и их корректном преобразовании, нормативных требованиях, сопровождающих производство работ спутниковыми методами, особенностям создания и развития плановых и высотных сетей «классическими» методами, теорию систем координат и их преобразование, теорию систем высот и их преобразование, принципы создания и развития сетей спутниковыми методами, принципы уравнительных вычислений в сетях пространственной трилатерации ;
- формирование умений оценивать эффективность и приемлемость использования спутниковых методов для решения поставленных задач, составлять проект производства работ с учетом требований нормативных документов, планировать спутниковые наблюдения, выполнять обработку спутниковых наблюдений, выполнять уравнивание результатов вычислений, полученных в результате обработки базовых линий, выполнять преобразования координат точек в различных системах, выполнять оценку точности и качества проведенных работ .

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

Компетенции, индикаторы и результаты обучения

ПК-12 Способен выполнять координатно-временное и навигационное обеспечение территории

ПК-12.1 Выполняет геодезическое обеспечение ГЛОНАСС и дифференциальных подсистем

Знать:

ПК-12.1/Зн2 Порядок, регламент и официальные нормативные документы для формирования и направления запросов на предоставление данных, полученных на основе результатов космической деятельности

Уметь:

ПК-12.1/Ум2 Составлять официальные запросы на получение космических данных в соответствии с установленными требованиями и направлять их в информационно-аналитические и мониторинговые системы

Владеть:

ПК-12.1/Нв2 Навыками деловой переписки и оформления документации для взаимодействия с поставщиками данных и операторами мониторинговых систем различных уровней

3. Место дисциплины в структуре ОП

Дисциплина (модуль) Б1.В.01.ДВ.04.02 «Спутниковые навигационные системы» относится к формируемой участниками образовательных отношений части образовательной программы и изучается в семестре(ах): 6.

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)	Лекционные занятия (часы)	Практические занятия (часы)	Самостоятельная работа (часы)	Промежуточная аттестация (часы)
6 семестр	144	4	30	60	54	Зачет
Всего	144	4	30	60	54	

5. Содержание дисциплины (модуля)

5.1. Разделы, темы дисциплины и виды занятий

(часы промежуточной аттестации не указываются)

Наименование раздела, темы	Всего	Лекционные занятия	Практические занятия	Самостоятельная работа	Планируемые результаты обучения, соответствующие результатам освоения программы
Раздел 1. Спутниковые навигационные системы	144	30	60	54	ПК-12.1
Тема 1.1. Введение	4	2		2	
Тема 1.2. Системы координат и времени в СРНС. Преобразование координат и высот.	16	2	8	6	
Тема 1.3. Принципы создания и развития сетей классическими методами	8	2		6	
Тема 1.4. Принципы создания и развития сетей методами, основанными на использовании СРНС	8	2		6	
Тема 1.5. Методы спутниковых наблюдений	12	2	4	6	
Тема 1.6. Источники ошибок в спутниковых определениях	10	4		6	
Тема 1.7. Полевые измерения	43	8	24	11	
Тема 1.8. Камеральная обработка	43	8	24	11	

Итого	144	30	60	54	
-------	-----	----	----	----	--

5.2. Содержание разделов, тем дисциплин и формы текущего контроля

Раздел 1. Спутниковые навигационные системы

Тема 1.1. Введение

Предмет и задачи дисциплины. Основные понятия, термины и определения. Назначение и применение спутниковых технологий в топографии. Перспективные направления. Пространственная трилатерация в СРНС. Структура глобальных систем позиционирования.

Текущий контроль

Вид (форма) контроля
Наличие конспекта лекций

Тема 1.2. Системы координат и времени в СРНС. Преобразование координат и высот.

Общие сведения о системах координат. Принципы построения геоцентрических, квазигеоцентрических систем координат. Геодезические системы координат. Топоцентрические системы координат. Проекции Гаусса-Крюгера и UTM. Международные системы отчета и координат. Типы времени. Роль времени в спутниковых определениях. Структура спутниковых сигналов. Эфемериды, их виды и назначение. Топоцентрические системы координат. Цели и задачи преобразования координат и высот. Нормативные документы, регламентирующие использование СРНС и систем координат и высот. Преобразование пространственных прямоугольных, геодезических и плоских координат. Преобразование между разнотипными системами координат. Калибровки местности и локальных преобразований. Преобразования между геодезическими и нормальными высотами. Определение нормальных высот с помощью спутниковых методов. Понятие геоида, квазигеоида, теллуроида и аномалии высот.

Текущий контроль

Вид (форма) контроля
Расчетно-графическая работа

Тема 1.3. Принципы создания и развития сетей классическими методами

Принципы создания сетей триангуляции и полигонометрии. Градусные измерения. История развития ГГС (Государственной Геодезической Сети) и ГВО (Главной Высотной основы) классическими методами. Определение параметров эллипсоида Красовского. Системы координат СК-42, СК-63, СК-95 и их значение и особенности создания и развития. Балтийская система координат 1977 года. Футштоки. Методы определения отметок высот пунктов триангуляции и полигонометрии.

Текущий контроль

Вид (форма) контроля
Наличие конспекта лекций

Тема 1.4. Принципы создания и развития сетей методами, основанными на использовании СРНС

Концепция развития сетей спутниковыми методами и ее отличия от концепции построения классическими методами. Назначение и принципы построения ФАГС (Фундаментальной астрономо-геодезической сети), ВГС (высокоточной геодезической сети) и СГС (спутниковая геодезическая сеть). Несогласованности, возникающие при совместном использовании классических и спутниковых методов. Объединение сетей, построенных с использованием спутниковых и классических методов.

Текущий контроль

Вид (форма) контроля
Наличие конспекта лекций

Тема 1.5. Методы спутниковых наблюдений

Абсолютный и относительный методы спутниковых наблюдений. Принцип измерения по кодам. Способы разрешения кодовой неоднозначности. Аппаратура, использующая кодовые измерения. Принцип измерения по фазе несущей. Способы разрешения фазовой неоднозначности. Формирование и значение первых, вторых и третьих разностей.

Текущий контроль

Вид (форма) контроля
Расчетно-графическая работа

Тема 1.6. Источники ошибок в спутниковых определениях

Ошибки, возникающие вследствие воздействия сред распространения сигнала: ионосфера и тропосфера. Многолучевость. Радиоинтерференция. Фактор понижения точности DOP и его виды. Ошибки операторы. Блокирование сигнала. Инструментальные ошибки. Шумы приемника. Релятивистские эффекты. Ошибки, вызванные нестабильностью стандартов частоты и времени в аппаратуре пользователя, космических аппаратах и стационарных станциях слежения и обработки информации.

Текущий контроль

Вид (форма) контроля
Наличие конспекта лекций

Тема 1.7. Полевые измерения

Техника безопасности при использовании спутниковой аппаратуры. Проектирование наблюдений. Рекогносцировка местности. Предполевое планирование наблюдений. Настройка аппаратуры пользователя для решения различных задач. Статические и кинематические режимы наблюдений. Использование режима RTK для решения задач топографии. Правила составления абриса в полевых условиях. Правила наблюдения на пунктах ГГС

Текущий контроль

Вид (форма) контроля
Расчетно-графическая работа

Тема 1.8. Камеральная обработка

Программные комплексы, используемые для обработки. Импорт данных. Форматы данных спутниковых наблюдений. RINEX-формат. Настройка обработки базовых линий. Варианты обработки базовых линий. Выбор параметров уравнивания. Особенности свободного уравнивания и уравнивания с ограниченными условиями. Калибровка местности и локальные преобразования. Экспорт данных.

Текущий контроль

Вид (форма) контроля
Расчетно-графическая работа

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: Зачет, 6 семестр.

Зачёт проводится в виде опроса согласно выдаваемому заранее списку вопросов для подготовки к зачёту и работам, выполнявшимся в рамках текущего контроля. Задаётся 1-3 вопроса. Положительная оценка выставляется, если возможно зачесть ответ на один из вопросов. При проведении оценивания в ходе промежуточной аттестации преподаватель может учитывать результаты текущего контроля.

7. Оценочные материалы текущего контроля

Раздел 1. Спутниковые навигационные системы

Контролируемые ИДК: ПК-12.1

Тема 1.1. Введение

Форма контроля/оценочное средство: Наличие конспекта лекций

Вопросы/Задания:

1. Перечислите основные задачи, которые решает дисциплина «Спутниковые навигационные системы», и объясните, как спутниковые технологии изменили подход к созданию топографических карт по сравнению с классическими методами.
2. Объясните суть метода пространственной трилатерации, лежащего в основе работы спутниковых радионавигационных систем (СРНС). Сколько спутников минимально необходимо для определения координат точки и почему?
3. Назовите основные глобальные системы позиционирования (СРНС), действующие в мире или находящиеся в стадии развертывания, и опишите обобщенную структуру любой из них.

Тема 1.2. Системы координат и времени в СРНС. Преобразование координат и высот.

Форма контроля/оценочное средство: Расчетно-графическая работа

Вопросы/Задания:

1. В чем принципиальное различие между геоцентрической (например, ПЗ-90, WGS-84) и топоцентрической (горизонтной) системой координат? Для решения каких задач удобнее использовать топоцентрические координаты?

2. Почему точность синхронизации времени спутника и приемника критически важна для спутниковых определений? Объясните разницу между бортовыми эфемеридами (передаваемыми в навигационном сообщении) и точными эфемеридами.

3. Чем отличается геодезическая высота (эллипсоидальная) от нормальной высоты (относительно квазигеоида)? Какую роль в их взаимосвязи играет понятие «аномалия высоты» (высота квазигеоида над эллипсоидом)?

Тема 1.3. Принципы создания и развития сетей классическими методами

Форма контроля/оценочное средство: Наличие конспекта лекций

Вопросы/Задания:

1. Опишите принципиальные различия в методах построения геодезических сетей триангуляции и полигонометрии. В чем суть градусных измерений для определения формы Земли?

2. С какой целью и на основе каких измерений был создан референц-эллипсоид Красовского? Назовите основные системы координат (СК), использовавшиеся в СССР и России до внедрения спутниковых технологий.

3. Что принимается за нуль в Балтийской системе высот 1977 года? Как передавались отметки высот на пункты триангуляции и полигонометрии до появления спутниковых методов?

Тема 1.4. Принципы создания и развития сетей методами, основанными на использовании СРНС

Форма контроля/оценочное средство: Наличие конспекта лекций

Вопросы/Задания:

1. В чем заключается главное концептуальное отличие построения геодезических сетей спутниковыми методами от классических (например, от триангуляции)?

2. Объясните назначение и роль ФАГС (Фундаментальной астрономо-геодезической сети) и ВГС (Высокоточной геодезической сети) в общей структуре ГГС России.

3. Какая основная проблема возникает при совместной обработке результатов спутниковых измерений и данных классических сетей (например, СК-95), и какие подходы используются для их объединения?

Тема 1.5. Методы спутниковых наблюдений

Форма контроля/оценочное средство: Расчетно-графическая работа

Вопросы/Задания:

1. В чем заключается разница между абсолютным и относительным методами спутниковых наблюдений? Какой из них обеспечивает более высокую точность позиционирования и почему?

2. Поясните принципиальную разницу между измерениями по коду (C/A, P) и измерениями по фазе несущей частоты. Почему фазовые измерения потенциально точнее?

3. Что такое «разрешение неоднозначности фазы» (Ambiguity resolution) и почему это ключевая задача при постобработке фазовых измерений? Для чего используются первые (одинарные) и вторые (двойные) разности при обработке спутниковых наблюдений?

Тема 1.6. Источники ошибок в спутниковых определениях

Форма контроля/оценочное средство: Наличие конспекта лекций

Вопросы/Задания:

1. Какое влияние оказывают ионосфера и тропосфера на прохождение спутникового сигнала и как минимизировать эти ошибки при двухчастотных и одночастотных измерениях?

2. Объясните понятие DOP (Dilution Of Precision). Что означает параметр PDOP и как взаимное расположение спутников на небосводе влияет на его значение?

3. Приведите примеры и объясните природу возникновения инструментальных ошибок и ошибок, связанных с влиянием местности.

Тема 1.7. Полевые измерения

Форма контроля/оценочное средство: Расчетно-графическая работа

Вопросы/Задания:

1. Какие факторы необходимо учитывать на этапе предполевого планирования наблюдений (выбор окна наблюдений, эфемериды, маски спутников)?
2. Сравните статический и кинематический режимы спутниковых наблюдений. В каких задачах топографии целесообразно применение каждого из них?
3. Поясните принцип работы метода RTK (Real-Time Kinematic) «стоп-энд-гоу». Какое оборудование необходимо для работы в этом режиме и для решения каких задач он наиболее эффективен?

Тема 1.8. Камеральная обработка

Форма контроля/оценочное средство: Расчетно-графическая работа

Вопросы/Задания:

1. Что такое формат RINEX и для каких целей он был разработан? Почему этот формат важен при постобработке данных из разных типов приемников?
2. Опишите последовательность действий при камеральной обработке спутниковых измерений от импорта «сырых» данных до получения уравненных координат.
3. В чем разница между свободным уравниванием (в системе координат спутниковой сети) и уравниванием с жесткими условиями (фиксацией координат на пунктах опорной сети)? В каких случаях выполняется калибровка (локализация) для перехода в местную систему координат?

8. Оценочные материалы промежуточной аттестации

6 семестр, Зачет

Контролируемые ИДК: ПК-12.1

Вопросы/Задания:

1. В какой системе координат представлены координаты спутников системы GPS? (напишите аббревиатуру заглавными буквами)
2. Для чего используются дифференциальные поправки при позиционировании по сигналам ГНСС?
 1. Для синхронизации часов
 2. Для передачи альманаха и бортовых эфемерид
 3. Для обнаружения базовых станций ГНСС
 4. Для позиционирования по методу RTK
3. Для чего используются файлы параметров вращения земли (earth orientation parameters - EOP) при обработке наблюдений?
 1. Учёт параметров антенн
 2. Учёт влияния полярных приливов
 3. Учёт влияния межканальных задержек
 4. Учёт влияния приливных эффектов
4. Как называется промежуток времени между двумя последующими моментами фиксации измерений по сигналам ГНСС? (введите ответ строчными буквами разделяя слова одним пробелом)

5. Как называется спутниковая геодезическая аппаратура, объединяющая вычислительный блок и антенну ГНСС в одном корпусе?

1. Модульная антенна
2. OEM-модуль
3. Интегрированная система
4. Смарт-антенна

6. Какой метод позиционирования по сигналам ГНСС используется для построения спутниковых геодезических сетей?

1. RTK
2. PPP
3. «Кинематика в постобработке»
4. «Статика»

7. Какой метод позиционирования по сигналам ГНСС используют для выноса объектов в натуру? (введите аббревиатуру заглавными латинскими буквами)

8. Расшифруйте аббревиатуру «СГА»

9. Что из перечисленного не относится к преимуществам построения геодезических сетей спутниковым методом относительно применения оптико-электронных геодезических инструментов?

1. Не требуется видимость между пунктами сети
2. Измерения могут производиться ночью и в условиях затруднённой видимости
3. Отсутствуют погрешности наблюдателя
4. Нет необходимости обеспечивать видимость небесной сферы на пунктах геодезической сети

10. Что не является методом вычисления поправок в сетевых решениях RTK?

1. Метод площадных поправок
2. VRS
3. FKP
4. KAP-Es

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. Герасимов А.П. Местные системы координат / А.П. Герасимов, В.Г. Назаров. - ООО "Издательство "Проспект", 2010. - 64 - 978-5-98597-150-7. - Текст: непосредственный.

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

1. <https://www.garant.ru> - Информационно-правовой портал "Гарант"
2. www.znanium.com - Коллекция электронных версий изданий (книг, журналов, статей и пр.), сгруппированных по тематическим и целевым признакам

Ресурсы «Интернет»

Не используются.

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.
- Маркерная доска - 1 шт.
- Меловая доска - 3 шт.
- Проектор - 1 шт.
- Кронштейн для приборов - 8 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.

