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

Геодезический факультет
Кафедра прикладной 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)
# ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОДЕЗИЯ
# «Б1.О.03.04 ГЛОБАЛЬНЫЕ НАВИГАЦИОННЫЕ СПУТНИКОВЫЕ СИСТЕМЫ»

Уровень высшего образования: специалитет

Специальность: 21.05.01 Прикладная геодезия

Направленность(профиль) подготовки: Инженерно-геодезическое обеспечение строительства и эксплуатации объектов нефтегазового и энергетического комплексов

Квалификация (степень) выпускника: инженер-геодезист

Форма обучения: очная

Год набора (приема на обучение): 2024

Срок получения образования: 5 лет

Объем: в зачетных единицах: 7 з.е.
в академических часах: 252 ак.ч.

Москва, 2024

**Разработчики:**
Заведующий кафедрой Прикладной геодезии, к.н., доцент
Куприянов А. О.

Рабочая программа дисциплины (модуля) составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по специальности 21.05.01 Прикладная геодезия, утвержденного приказом Минобрнауки от 11.08.2020 № 944

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 - формирование профессиональныхкомпетенций в области применения глобальных и региональных навигационных спутниковых систем, в частности национальной системы ГЛОНАСС, принципов их орбитального построения и функционирования, их практического применения для высокоточного позиционирования, решения геодезических задач и навигационного обеспечения в различных областях экономики Российской Федерации

Задачи изучения дисциплины:

- Формирование понятий о глобальных навигационных спутниковых системах, об их принципах работы, навигационных сигналах, методах позиционирования, технологиях, применяемых при производстве работ с помощью спутниковой геодезической аппаратуры различных типов, методов математической обработки и оценки результатов спутниковых измерений с использованием современных программно-математических средств;
- Освоение навыков по применению спутниковой геодезической аппаратуры для решения геодезических задач при развитии геодезических сетей, выполнении топографических съёмок, мониторинге деформаций земной поверхности,строительстве зданий и сооружений;
- Получение компетенций по выполнению математической обработки спутниковых наблюдений и использованию специальных программных комплексов для обработки измерений, полученных по сигналам ГНСС;
- Формирование умений по применению полученных знаний в практической деятельности, решению практических задач согласно существующим инструкциям, методикам, нормативно-техническим документам.

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

*Компетенции, индикаторы и результаты обучения*

ОПК-1 Способен решать производственные и (или) исследовательские задачи производственной деятельности на основе фундаментальных знаний в области геодезии

ОПК-1.1 Демонстрирует навыки физического и программного моделирования отдельных фрагментов процесса выбора оптимального варианта для конкретных условий

*Знать:*

ОПК-1.1/Зн5 Методы и технологии позиционирования по сигналам ГНСС

ОПК-1.1/Зн6 Устройство, принципы функционирования и применения ГНСС, РНСС, SBAS

ОПК-1.1/Зн7 Методы производства измерений по сигналам ГНСС

*Уметь:*

ОПК-1.1/Ум5 Эксплуатировать спутниковую геодезическую аппаратуру

ОПК-1.1/Ум6 Производить измерения по сигналам ГНСС, РНСС, SBAS

ОПК-1.1/Ум7 Производить позиционирование по сигналам ГНСС

*Владеть:*

ОПК-1.1/Нв5 Навыками проведения полевых геодезических работ с применением спутниковой геодезической аппаратуры

ОПК-1.1/Нв6 Навыками камеральной обработки измерений по сигналам ГНСС и применения специального программного наблюдений

ОПК-1.2 Использует фундаментальные знания для решения задач профессиональной деятельности в области геодезии

*Знать:*

ОПК-1.2/Зн6 Устройство, принципы функционирования и применения ГНСС, РНСС, SBAS

ОПК-1.2/Зн7 Методы производства измерений по сигналам ГНСС

ОПК-1.2/Зн8 Методы и технологии позиционирования по сигналам ГНСС

*Уметь:*

ОПК-1.2/Ум5 Производить измерения по сигналам ГНСС, РНСС, SBAS

ОПК-1.2/Ум6 Производить позиционирование по сигналам ГНСС

ОПК-1.2/Ум7 Эксплуатировать спутниковую геодезическую аппаратуру

*Владеть:*

ОПК-1.2/Нв5 Навыками камеральной обработки измерений по сигналам ГНСС и применения специального программного наблюдений

ОПК-1.2/Нв6 Навыками проведения полевых геодезических работ с применением спутниковой геодезической аппаратуры

ОПК-1.3 Анализирует причины снижения качества технологических процессов и предлагает эффективные способы повышения качества производства работ при выполнении различных технологических операций

*Знать:*

ОПК-1.3/Зн5 Устройство, принципы функционирования и применения ГНСС, РНСС, SBAS

ОПК-1.3/Зн6 Методы производства измерений по сигналам ГНСС

ОПК-1.3/Зн7 Методы и технологии позиционирования по сигналам ГНСС

*Уметь:*

ОПК-1.3/Ум4 Производить измерения по сигналам ГНСС, РНСС, SBAS

ОПК-1.3/Ум5 Производить позиционирование по сигналам ГНСС

ОПК-1.3/Ум6 Эксплуатировать спутниковую геодезическую аппаратуру

*Владеть:*

ОПК-1.3/Нв5 Навыками камеральной обработки измерений по сигналам ГНСС и применения специального программного наблюдений

ОПК-1.3/Нв6 Навыками проведения полевых геодезических работ с применением спутниковой геодезической аппаратуры

ОПК-1.4 Демонстрирует навыки использования современных инструментов и методов планирования и контроля проектов, связанных с осложнениями, возникающими при производстве работ

*Знать:*

ОПК-1.4/Зн5 Устройство, принципы функционирования и применения ГНСС, РНСС, SBAS

ОПК-1.4/Зн6 Методы производства измерений по сигналам ГНСС

ОПК-1.4/Зн7 Методы и технологии позиционирования по сигналам ГНСС

*Уметь:*

ОПК-1.4/Ум5 Производить измерения по сигналам ГНСС, РНСС, SBAS

ОПК-1.4/Ум6 Производить позиционирование по сигналам ГНСС

ОПК-1.4/Ум7 Эксплуатировать спутниковую геодезическую аппаратуру

*Владеть:*

ОПК-1.4/Нв5 Навыками камеральной обработки измерений по сигналам ГНСС и применения специального программного наблюдений

ОПК-1.4/Нв6 Навыками проведения полевых геодезических работ с применением спутниковой геодезической аппаратуры

ПК-2 Способен проводить научные исследования направлений развития ГНСС и их ФД

ПК-2.1 Проводит научные исследования направлений развития ГНСС и их ФД

*Знать:*

ПК-2.1/Зн5 Направления и принципы развития и модернизации ГНСС, РНСС, SBAS

ПК-2.1/Зн6 Методы повышения точности и надёжности результатов позиционирования по сигналам ГНСС

*Уметь:*

ПК-2.1/Ум5 Анализировать результаты измерения по сигналам ГНСС, оценивать их полноту и качество

ПК-2.1/Ум6 Анализировать результаты позиционирования по сигналам ГНСС

*Владеть:*

ПК-2.1/Нв5 Навыками использования специального программного обеспечения для анализа измерений по сигналам ГНСС и результатов позиционирования

ПК-2.1/Нв6 Навыками проведения исследований и испытаний спутниковой геодезической аппаратуры

ПК-2.2 Исследует и разрабатывает состав, структуру навигационных сигналов и методы их обработки в навигационной аппаратуре потребителей (НАП)

*Знать:*

ПК-2.2/Зн3 Направления и принципы развития и модернизации ГНСС, РНСС, SBAS

ПК-2.2/Зн4 Методы повышения точности и надёжности результатов позиционирования по сигналам ГНСС

*Уметь:*

ПК-2.2/Ум4 Анализировать результаты измерения по сигналам ГНСС, оценивать их полноту и качество

ПК-2.2/Ум5 Анализировать результаты позиционирования по сигналам ГНСС

*Владеть:*

ПК-2.2/Нв3 Навыками использования специального программного обеспечения для анализа измерений по сигналам ГНСС и результатов позиционирования

ПК-2.2/Нв4 Навыками проведения исследований и испытаний спутниковой геодезической аппаратуры

ПК-2.3 Разрабатывает технические проекты нормативных документов для обеспечения развития, повышения эффективности использования ГНСС

*Знать:*

ПК-2.3/Зн2 Направления и принципы развития и модернизации ГНСС, РНСС, SBAS

ПК-2.3/Зн3 Методы повышения точности и надёжности результатов позиционирования по сигналам ГНСС

*Уметь:*

ПК-2.3/Ум2 Анализировать результаты измерения по сигналам ГНСС, оценивать их полноту и качество

ПК-2.3/Ум3 Анализировать результаты позиционирования по сигналам ГНСС

*Владеть:*

ПК-2.3/Нв2 Навыками использования специального программного обеспечения для анализа измерений по сигналам ГНСС и результатов позиционирования

ПК-2.3/Нв3 Навыками проведения исследований и испытаний спутниковой геодезической аппаратуры

## 3. Место дисциплины в структуре ОП

Дисциплина (модуль) Б1.О.03.04 «Глобальные навигационные спутниковые системы» относится к обязательной части образовательной программы и изучается в семестре(ах): 7, 8.

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) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 7 семестр | 108 | 3 | 18 | 36 | 54 | Зачет |
| 8 семестр | 144 | 4 | 28 | 56 | 24 | Экзамен (36) |
| Всего | 252 | 7 | 46 | 92 | 78 | 36 |

## 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, соотнесенные с результатами освоения программы |
|---|---|---|---|---|---|
| **Раздел 1. Глобальные и региональные спутниковые навигационные системы и их функциональные дополнения** | **17** | **2** | **7** | **8** | ОПК-1.1<br>ОПК-1.2<br>ОПК-1.3<br>ОПК-1.4<br>ПК-2.1<br>ПК-2.2<br>ПК-2.3 |
| Тема 1.1. Глобальные навигационные спутниковые системы (ГЛОНАСС, GPS, BDS, Galileo) | 6 | 2 | 2 | 2 | |
| Тема 1.2. Региональные навигационные спутниковые системы (QZSS, NavIC/IRNSS) | 3 | | 1 | 2 | |
| Тема 1.3. Функциональные дополнения ГНСС (СДКМ, WAAS, EGNOS, MSAS, GAGAN, BDSBAS). | 4 | | 2 | 2 | |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Тема 1.4. Перспективы развития и планы модернизации существующих ГНСС, РНСС, SBAS | 4 | | 2 | 2 | |
| **Раздел 2. Состав навигационного сообщения и измерений по сигналам ГНСС, РНСС и SBAS** | **21** | **4** | **7** | **10** | ОПК-1.1<br>ОПК-1.2<br>ОПК-1.3<br>ОПК-1.4<br>ПК-2.1<br>ПК-2.2<br>ПК-2.3 |
| Тема 2.1. Сигналы ГНСС, РНСС, SBAS и методы разделения сигналов | 4 | | 2 | 2 | |
| Тема 2.2. Навигационные сообщения ГНСС, РНСС | 5 | 2 | 1 | 2 | |
| Тема 2.3. Дальномерный код и методы измерения кодовых псевдодальностей по сигналам ГНСС, РНСС, SBAS | 8 | 2 | 2 | 4 | |
| Тема 2.4. Хранение измерений по сигналам ГНСС, РНСС, SBAS | 4 | | 2 | 2 | |
| **Раздел 3. Факторы, влияющие на точность измерения кодовых и фазовых псевдодальностей и методы их компенсации** | **28** | **6** | **8** | **14** | ОПК-1.1<br>ОПК-1.2<br>ОПК-1.3<br>ОПК-1.4<br>ПК-2.1<br>ПК-2.2<br>ПК-2.3 |
| Тема 3.1. Погрешности часов СГА и космических аппаратов ГНСС, РНСС, SBAS | 4 | | 2 | 2 | |
| Тема 3.2. Тропосферная задержка радионавигационного сигнала | 6 | 2 | 2 | 2 | |
| Тема 3.3. Ионосферная задержка радионавигационного сигнала | 7 | 2 | 1 | 4 | |
| Тема 3.4. Межканальные задержки космических аппаратов ГНСС, РНСС и SBAS и спутниковой геодезической аппаратуры | 3 | | 1 | 2 | |
| Тема 3.5. Влияние многолучёвости на кодовые и фазовые измерения псевдодальностей. | 5 | 2 | 1 | 2 | |
| Тема 3.6. Дополнительные факторы, оказывающие влияние на измерения фазовых псевдодальностей | 3 | | 1 | 2 | |
| **Раздел 4. Методы позиционирования по измерениям ГНСС, РНСС и SBAS** | **34** | **4** | **12** | **18** | ОПК-1.1<br>ОПК-1.2<br>ОПК-1.3<br>ОПК-1.4 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Тема 4.1. Автономное статическое и кинематическое позиционирование по измерениям ГНСС, РНСС, SBAS. | 5 | 2 | 1 | 2 | ПК-2.1<br>ПК-2.2<br>ПК-2.3 |
| Тема 4.2. Высокоточное автономное статическое и кинематическое позиционирование (метод «PPP») по измерениям ГНСС, РНСС, SBAS | 4 | | 2 | 2 | |
| Тема 4.3. Позиционирование по измерениям ГНСС, РНСС, SBAS с применением контрольно-корректирующей информации SBAS (СДКМ, WAAS, EGNOS, MSAS, GAGAN, BDSBAS). | 3 | | 1 | 2 | |
| Тема 4.4. Позиционирование по измерениям ГНСС, РНСС, SBAS с применением информации систем широкозонной дифференциальной коррекции типа «L-band» (Atlas, RTX, OmniSTAR, StarFire, Veripos, TerraStar, Fugro). | 6 | | 2 | 4 | |
| Тема 4.5. Факторы, влияющие на точность автономного позиционирования и методы их компенсации | 6 | 2 | 2 | 2 | |
| Тема 4.6. Относительное статическое позиционирование по измерениям ГНСС, РНСС, SBAS. | 3 | | 1 | 2 | |
| Тема 4.7. Относительное кинематическое позиционирование по измерениям ГНСС, РНСС, SBAS в постобработке и в режиме реального времени (методы «кинематика» и «кинематика в реальном времени / RTK») | 4 | | 2 | 2 | |
| Тема 4.8. Относительное кинематическое позиционирование по измерениям ГНСС, РНСС, SBAS по методу «подвижной базы» | 3 | | 1 | 2 | |
| **Раздел 5. Спутниковая геодезическая аппаратура и дополняющие её средства измерений** | **8** | **2** | **2** | **4** | ОПК-1.1<br>ОПК-1.2<br>ОПК-1.3<br>ОПК-1.4 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Тема 5.1. Современные модули позиционирования по сигналам ГНСС, РНСС и SBAS и их основные производители (НАВИС, РИРВ, Novatel, Trimble, Javad, Topcon/Sokkia, Septentrio, Hemisphere, Spectra Precision) | 5 | 2 | 1 | 2 | ПК-2.1<br>ПК-2.2<br>ПК-2.3 |
| Тема 5.2. Антенны СГА. | 3 | | 1 | 2 | |
| **Раздел 6. Технологии позиционирования по измерениям ГНСС, РНСС и SBAS** | **31** | **8** | **16** | **7** | ОПК-1.1<br>ОПК-1.2<br>ОПК-1.3<br>ОПК-1.4<br>ПК-2.1<br>ПК-2.2<br>ПК-2.3 |
| Тема 6.1. Предобработка измерении по сигналам ГНСС, РНСС и SBAS | 8 | 2 | 4 | 2 | |
| Тема 6.2. Технологии кинематического позиционирования в режиме реального времени (RTK). | 7 | 2 | 4 | 1 | |
| Тема 6.3. Технологии получения данных для повышения точности позиционирования в режиме постобработки | 8 | 2 | 4 | 2 | |
| Тема 6.4. Технологии кинематического и статического относительного позиционирования по измерениям ГНСС, РНСС, SBAS | 8 | 2 | 4 | 2 | |
| **Раздел 7. Применение ГНСС, РНСС и SBAS для решения классических задач геодезии и высокоточной навигации** | **34** | **9** | **18** | **7** | ОПК-1.1<br>ОПК-1.2<br>ОПК-1.3<br>ОПК-1.4<br>ПК-2.1<br>ПК-2.2<br>ПК-2.3 |
| Тема 7.1. Применение метода относительного статического позиционирования для построения геодезических сетей | 8 | 2 | 4 | 2 | |
| Тема 7.2. Применение позиционирования по методу RTK для производства топографических съёмок, геодезических изысканий, обеспечения инженерных изысканий, привязки измерений трассоискателей и выноса объектов в натуру | 11 | 3 | 6 | 2 | |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Тема 7.3. Применение метода относительного кинематического позиционирования для координатной привязки результатов мобильного лазерного сканирования, аэрофотосъёмки, батиметрической эхолокационной съёмки | 7 | 2 | 4 | 1 | |
| Тема 7.4. Применение метода относительного кинематического позиционирования и позиционирования по методу «подвижной базы» для определения ориентации и навигации транспортных средств и их отдельных узлов или рабочих поверхностей | 8 | 2 | 4 | 2 | |
| **Раздел 8. Сети дифференциальных геодезических станций** | **35** | **9** | **18** | **8** | ОПК-1.1<br>ОПК-1.2<br>ОПК-1.3<br>ОПК-1.4<br>ПК-2.1<br>ПК-2.2<br>ПК-2.3 |
| Тема 8.1. Устройство дифференциальных геодезических станций | 11 | 3 | 6 | 2 | |
| Тема 8.2. Координатное обеспечение геодезических работ с использованием сетей спутниковых дифференциальных станций | 8 | 2 | 4 | 2 | |
| Тема 8.3. Виртуальные референцные станции VRS | 8 | 2 | 4 | 2 | |
| Тема 8.4. Международная сеть пунктов IGS. | 8 | 2 | 4 | 2 | |
| **Раздел 9. Специальные области применения ГНСС, РНСС и SBAS** | **8** | **2** | **4** | **2** | ОПК-1.1<br>ОПК-1.2<br>ОПК-1.3<br>ОПК-1.4<br>ПК-2.1<br>ПК-2.2<br>ПК-2.3 |
| Тема 9.1. Классы точности и области применения результатов функционирования спутниковых систем и широкозонных дополнений | 8 | 2 | 4 | 2 | |
| **Итого** | **216** | **46** | **92** | **78** | |

## 5.2. Содержание разделов, тем дисциплин и формы текущего контроля

***Раздел 1. Глобальные и региональные спутниковые навигационные системы и их функциональные дополнения***

*Тема 1.1. Глобальные навигационные спутниковые системы (ГЛОНАСС, GPS, BDS, Galileo)*

Структура, принципы функционирования, текущее состояние и степень ввода в эксплуатацию, отличия и особенности

*Тема 1.2. Региональные навигационные спутниковые системы (QZSS, NavIC/IRNSS)*

Структура, принципы функционирования, текущее состояние и степень ввода в эксплуатацию, отличия и особенности

*Тема 1.3. Функциональные дополнения ГНСС (СДКМ, WAAS, EGNOS, MSAS, GAGAN, BDSBAS).*

Назначение, принципы функционирования, стандартизация SBAS. Системы координат и шкалы времени, используемые ГНСС, РНСС, SBAS

*Тема 1.4. Перспективы развития и планы модернизации существующих ГНСС, РНСС, SBAS*

Нормативно-правовые аспекты применения существующих ГНСС, РНСС, SBAS на территории Российской Федерации

Текущий контроль

| Вид (форма) контроля |
|---|
| Практическая работа |

***Раздел 2. Состав навигационного сообщения и измерений по сигналам ГНСС, РНСС и SBAS***

*Тема 2.1. Сигналы ГНСС, РНСС, SBAS и методы разделения сигналов*

Сигналы ГНСС, РНСС, SBAS и методы разделения сигналов

*Тема 2.2. Навигационные сообщения ГНСС, РНСС*

Назначение, состав и структура (суперкадр, кадры, страницы) навигационного сообщения. Альманах и эфемериды. Параметры альманаха, эфемерид и часов, входящие в состав навигационного сообщения ГНСС, РНСС, SBAS

*Тема 2.3. Дальномерный код и методы измерения кодовых псевдодальностей по сигналам ГНСС, РНСС, SBAS*

Фаза несущей и методы измерения фазовых псевдодальностей по сигналам ГНСС, РНСС, SBAS. Измерения доплеровского сдвига и соотношения сигнал шум.

*Тема 2.4. Хранение измерений по сигналам ГНСС, РНСС, SBAS*

Проприетарные бинарные и текстовые форматы хранения измерений, используемые производителями спутниковой геодезической аппаратуры (СГА), формат RINEX

Текущий контроль

| Вид (форма) контроля |
|---|
| Наличие конспекта лекций |

***Раздел 3. Факторы, влияющие на точность измерения кодовых и фазовых псевдодальностей и методы их компенсации***

*Тема 3.1. Погрешности часов СГА и космических аппаратов ГНСС, РНСС, SBAS*

Оценка погрешности часов приёмника, оценка параметров часов спутников, формат «clock RINEX»

*Тема 3.2. Тропосферная задержка радионавигационного сигнала*

Сущность и методы моделирования (модели тропосферы и функции отображения), источники метеорологических параметров тропосферы

Текущий контроль

| Вид (форма) контроля |
|---|
| Расчетно-графическая работа |

*Тема 3.3. Ионосферная задержка радионавигационного сигнала*

Сущность и методы моделирования (моделирование по мультичастотным измерениям, модели ионосферы и функции отображения), различия во влиянии на кодовые и фазовые псевдодальности

*Тема 3.4. Межканальные задержки космических аппаратов ГНСС, РНСС и SBAS и спутниковой геодезической аппаратуры*

Связь с моделированием ионосферы по мультичастотным измерениям, стабильность, методы калибровки, формат хранения параметров межканальных задержек BIAS-SINEX

*Тема 3.5. Влияние многолучёвости на кодовые и фазовые измерения псевдодальностей.*

Сущность явления многолучёвости, типы многолучёвого распространения радионавигационного сигнала, способы ослабления влияния многолучёвости.

*Тема 3.6. Дополнительные факторы, оказывающие влияние на измерения фазовых псевдодальностей*

Ионосферные сцинтилляции, набег фазы

Текущий контроль

| Вид (форма) контроля |
|---|
| Наличие конспекта лекций |

***Раздел 4. Методы позиционирования по измерениям ГНСС, РНСС и SBAS***

*Тема 4.1. Автономное статическое и кинематическое позиционирование по измерениям ГНСС, РНСС, SBAS.*

Автономное статическое и кинематическое позиционирование по измерениям ГНСС, РНСС, SBAS.

*Тема 4.2. Высокоточное автономное статическое и кинематическое позиционирование (метод «PPP») по измерениям ГНСС, РНСС, SBAS*

Высокоточное автономное статическое и кинематическое позиционирование (метод «PPP») по измерениям ГНСС, РНСС, SBAS

*Тема 4.3. Позиционирование по измерениям ГНСС, РНСС, SBAS с применением контрольно-корректирующей информации SBAS (СДКМ, WAAS, EGNOS, MSAS, GAGAN, BDSBAS).*

Позиционирование по измерениям ГНСС, РНСС, SBAS с применением контрольно-корректирующей информации SBAS (СДКМ, WAAS, EGNOS, MSAS, GAGAN, BDSBAS).

*Тема 4.4. Позиционирование по измерениям ГНСС, РНСС, SBAS с применением информации систем широкозонной дифференциальной коррекции типа «L-band» (Atlas, RTX, OmniSTAR, StarFire, Veripos, TerraStar, Fugro).*

Позиционирование по измерениям ГНСС, РНСС, SBAS с применением информации систем широкозонной дифференциальной коррекции типа «L-band» (Atlas, RTX, OmniSTAR, StarFire, Veripos, TerraStar, Fugro).

*Тема 4.5. Факторы, влияющие на точность автономного позиционирования и методы их компенсации*

Параметры антенны СГА, параметры антенн КА ГНСС, РНСС, SBAS, приливные эффекты (твёрдый земной прилив, океаническая нагрузка, атмосферная нагрузка, полюсной прилив), форматы ERP, OTL BLQ, ANTEX

*Тема 4.6. Относительное статическое позиционирование по измерениям ГНСС, РНСС, SBAS.*

Разности измерений, уравнивание базовых линий, построение и уравнивание спутниковых сетей.

*Тема 4.7. Относительное кинематическое позиционирование по измерениям ГНСС, РНСС, SBAS в постобработке и в режиме реального времени (методы «кинематика» и «кинематика в реальном времени / RTK»)*

Форматы (RTCM, CMR, CMRPLUS, ROX, RTD) и методы передачи дифференциальных поправок (УКВ, TCP/IP, NTRIP), сети постоянно действующих базовых станций, поправки SSR.

*Тема 4.8. Относительное кинематическое позиционирование по измерениям ГНСС, РНСС, SBAS по методу «подвижной базы»*

Определение курса и ориентации объектов в пространстве.

Текущий контроль

| Вид (форма) контроля |
|---|
| Наличие конспекта лекций |

***Раздел 5. Спутниковая геодезическая аппаратура и дополняющие её средства измерений***

*Тема 5.1. Современные модули позиционирования по сигналам ГНСС, РНСС и SBAS и их основные производители (НАВИС, РИРВ, Novatel, Trimble, Javad, Topcon/Sokkia, Septentrio, Hemisphere, Spectra Precision)*

Устройство современной СГА. Плата управления, GSM модем, радиомодем, WiFi модуль, Bluetooth, MEMS
датчики. Ключевые технические характеристики СГА. Характеристики точности, число каналов, принимаемые сигналы, автономность, класс пыле/влаго-защиты, диапазон рабочих температур

*Тема 5.2. Антенны СГА.*

Устройство и технические характеристики, отсчётные точки и плоскости, типы подключения, установка и обеспечение грозозащиты. Инерциальные навигационные системы, одометры, светодальномеры и их интеграция с СГА.

Текущий контроль

| Вид (форма) контроля |
|---|
| Наличие конспекта лекций |

***Раздел 6. Технологии позиционирования по измерениям ГНСС, РНСС и SBAS***

*Тема 6.1. Предобработка измерении по сигналам ГНСС, РНСС и SBAS*

Технологии предварительной обработки и оценки качества измерении по сигналам ГНСС, РНСС и SBAS, используемое для предобработки и конвертации данных программное обеспечение

Текущий контроль

| Вид (форма) контроля |
|---|
| Расчетно-графическая работа |

*Тема 6.2. Технологии кинематического позиционирования в режиме реального времени (RTK).*

Полевые контролеры и их программное обеспечение, программное обеспечение, интегрированное в СГА, установка связи между опорной и определяемой станциями для передачи дифференциальных поправок, фиксация результатов позиционирования

*Тема 6.3. Технологии получения данных для повышения точности позиционирования в режиме постобработки*

Программное обеспечение получения данных для моделей тропосферы и ионосферы, точных эфемерид и поправок часов космических аппаратов, параметров антенн космических аппаратов, параметров вращения Земли, межканальных задержек космических аппаратов, данных для моделей океанической и атмосферной нагрузки

*Тема 6.4. Технологии кинематического и статического относительного позиционирования по измерениям ГНСС, РНСС, SBAS*

Применяемое программное обеспечение, параметры обработки, принципы формирования отчётов. Технологии
автономного высокоточного позиционирования (PPP) по измерениям ГНСС, РНСС, SBAS. Применяемое программное обеспечение, параметры обработки, принципы формирования отчётов

Текущий контроль

| Вид (форма) контроля |
|---|
| Наличие конспекта лекций |

***Раздел 7. Применение ГНСС, РНСС и SBAS для решения классических задач геодезии и высокоточной навигации***

*Тема 7.1. Применение метода относительного статического позиционирования для построения геодезических сетей*

Проектирование спутниковых сетей, особенности рекогносцировки местности, выбор исходных пунктов закладки пунктов сети, производства наблюдении на пунктах сети, ведение полевого журнала

*Тема 7.2. Применение позиционирования по методу RTK для производства топографических съёмок, геодезических изысканий, обеспечения инженерных изысканий, привязки измерений трассоискателей и выноса объектов в натуру*

Применение позиционирования по методу RTK для производства топографических съёмок, геодезических изысканий, обеспечения инженерных изысканий, привязки измерений трассоискателей и выноса объектов в натуру

*Тема 7.3. Применение метода относительного кинематического позиционирования для координатной привязки результатов мобильного лазерного сканирования, аэрофотосъёмки, батиметрической эхолокационной съёмки*

Применение метода относительного кинематического позиционирования для координатной привязки результатов мобильного лазерного сканирования, аэрофотосъёмки, батиметрической эхолокационной съёмки

*Тема 7.4. Применение метода относительного кинематического позиционирования и позиционирования по методу «подвижной базы» для определения ориентации и навигации транспортных средств и их отдельных узлов или рабочих поверхностей*

Применение метода относительного кинематического позиционирования и позиционирования по методу «подвижной базы» для определения ориентации и навигации транспортных средств и их отдельных узлов или рабочих поверхностей

Текущий контроль

| Вид (форма) контроля |
|---|
| Практическая работа |

***Раздел 8. Сети дифференциальных геодезических станций***

*Тема 8.1. Устройство дифференциальных геодезических станций*

Сети дифференциальных геодезических станций. Федеральные, региональные и частные сети. Программа цифровой экономики РФ. Принципы построения и функционирования дифференциальных станций

*Тема 8.2. Координатное обеспечение геодезических работ с использованием сетей спутниковых дифференциальных станций*

Координатное обеспечение геодезических работ с использованием сетей спутниковых дифференциальных станций

*Тема 8.3. Виртуальные референцные станции VRS*

Форматы передачи данных NTRIP, MAC, сетевые решения

*Тема 8.4. Международная сеть пунктов IGS.*

Международная сеть пунктов IGS.

Текущий контроль

| Вид (форма) контроля |
|---|
| Практическая работа |

***Раздел 9. Специальные области применения ГНСС, РНСС и SBAS***

*Тема 9.1. Классы точности и области применения результатов функционирования спутниковых систем и широкозонных дополнений*

Работы на шельфе, позиционирование нефте- и газопроводов, линий электропередач, дорожной инфраструктуры, контроль состояния рельсового пути, динамического пространственного положения подвижного состава, координатное обеспечение строительных работ, высокоточный мониторинг деформаций инженерных сооружений в реальном времени.

Текущий контроль

| Вид (форма) контроля |
|---|
| Наличие конспекта лекций |

## 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, 7 семестр.*

Зачет проводится в устной форме с выставлением оценки ("зачет"/"незачет") и предназначен для комплексной проверки уровня освоения студентами учебного материала дисциплины.
Студенты вызываются по одному или малыми группами (2-3 человека). Каждому студенту предоставляется 20-30 минут на подготовку, в течение которой он может делать письменные заметки. Студент отвечает на 2-3 вопроса, выбранных экзаменатором или по билету. Ответ должен быть полным и аргументированным, демонстрировать понимание материала и содержать примеры практического применения знаний. После основного ответа преподаватель может задать дополнительные уточняющие вопросы.
Критерии оценивания: "зачет" выставляется за полный развернутый ответ, "незачет" - за отсутствие ответа или грубые ошибки в основных понятиях.

*Промежуточная аттестация: Экзамен, 8 семестр.*
Экзамен проводится в виде тестирования с выставлением оценки по пятибалльной шкале и предназначен для проверки уровня освоения студентами учебного материала дисциплины в полном объеме. Тест включает вопросы различных форматов (закрытые с выбором ответа, открытые с кратким ответом, задания на соответствие и т.д), охватывающие все разделы рабочей программы.
Критерии оценивания:
«Отлично» (5) – 90–100% правильных ответов;
«Хорошо» (4) – 75–89%;
«Удовлетворительно» (3) – 60–74%;
«Неудовлетворительно» (2) – менее 60%.
Экзаменационное тестирование может проводиться в очной форме (в аудитории с использованием компьютеров) либо в дистанционном формате через систему электронного обучения. Продолжительность экзамена устанавливается преподавателем, но не превышает 60 минут.
Перед началом тестирования студенты получают инструктаж о порядке выполнения работы, правилах оформления ответов и системе оценивания. Проверка результатов осуществляется автоматически сразу. Студенты, не набравшие минимальный процент, могут ознакомиться с допущенными ошибками. Окончательные оценки выставляются в экзаменационную ведомость и зачетную книжку студента.

## 7. Оценочные материалы текущего контроля

***Раздел 1. Глобальные и региональные спутниковые навигационные системы и их функциональные дополнения***
*Контролируемые ИДК: ОПК-1.1 ОПК-1.2 ОПК-1.3 ОПК-1.4 ПК-2.1 ПК-2.2 ПК-2.3*

*Тема 1.4. Перспективы развития и планы модернизации существующих ГНСС, РНСС, SBAS*
Форма контроля/оценочное средство: Практическая работа
Вопросы/Задания:
1. Изучение структуры файлов наблюдений в формате RINEX

***Раздел 2. Состав навигационного сообщения и измерений по сигналам ГНСС, РНСС и SBAS***
*Контролируемые ИДК: ОПК-1.1 ОПК-1.2 ОПК-1.3 ОПК-1.4 ПК-2.1 ПК-2.2 ПК-2.3*

*Тема 2.4. Хранение измерений по сигналам ГНСС, РНСС, SBAS*
Форма контроля/оценочное средство: Наличие конспекта лекций
Вопросы/Задания:
1. Проверка конспекта лекций по темам раздела "Состав навигационного сообщения и измерений по сигналам ГНСС, РНСС и SBAS"

***Раздел 3. Факторы, влияющие на точность измерения кодовых и фазовых псевдодальностей и методы их компенсации***

*Контролируемые ИДК: ОПК-1.1 ОПК-1.2 ОПК-1.3 ОПК-1.4 ПК-2.1 ПК-2.2 ПК-2.3*

*Тема 3.2. Тропосферная задержка радионавигационного сигнала*

Форма контроля/оценочное средство: Расчетно-графическая работа

Вопросы/Задания:

1. Вычисление тропосферной задержки

*Тема 3.6. Дополнительные факторы, оказывающие влияние на измерения фазовых псевдодальностей*

Форма контроля/оценочное средство: Наличие конспекта лекций

Вопросы/Задания:

1. Проверка конспекта лекций по темам раздела "Факторы, влияющие на точность измерения кодовых и фазовых псевдодальностей и методы их компенсации"

***Раздел 4. Методы позиционирования по измерениям ГНСС, РНСС и SBAS***

*Контролируемые ИДК: ОПК-1.1 ОПК-1.2 ОПК-1.3 ОПК-1.4 ПК-2.1 ПК-2.2 ПК-2.3*

*Тема 4.8. Относительное кинематическое позиционирование по измерениям ГНСС, РНСС, SBAS по методу «подвижной базы»*

Форма контроля/оценочное средство: Наличие конспекта лекций

Вопросы/Задания:

1. Проверка конспекта лекций по темам раздела "Методы позиционирования по измерениям ГНСС, РНСС и SBAS"

***Раздел 5. Спутниковая геодезическая аппаратура и дополняющие её средства измерений***

*Контролируемые ИДК: ОПК-1.1 ОПК-1.2 ОПК-1.3 ОПК-1.4 ПК-2.1 ПК-2.2 ПК-2.3*

*Тема 5.2. Антенны СГА.*

Форма контроля/оценочное средство: Наличие конспекта лекций

Вопросы/Задания:

1. Проверка конспекта лекций по темам раздела "Спутниковая геодезическая аппаратура и дополняющие её средства измерений"

***Раздел 6. Технологии позиционирования по измерениям ГНСС, РНСС и SBAS***

*Контролируемые ИДК: ОПК-1.1 ОПК-1.2 ОПК-1.3 ОПК-1.4 ПК-2.1 ПК-2.2 ПК-2.3*

*Тема 6.1. Предобработка измерении по сигналам ГНСС, РНСС и SBAS*

Форма контроля/оценочное средство: Расчетно-графическая работа

*Тема 6.4. Технологии кинематического и статического относительного позиционирования по измерениям ГНСС, РНСС, SBAS*

Форма контроля/оценочное средство: Наличие конспекта лекций

Вопросы/Задания:

1. Проверка конспекта лекций по темам раздела "Технологии позиционирования по измерениям ГНСС, РНСС и SBAS"

***Раздел 7. Применение ГНСС, РНСС и SBAS для решения классических задач геодезии и высокоточной навигации***

*Контролируемые ИДК: ОПК-1.1 ОПК-1.2 ОПК-1.3 ОПК-1.4 ПК-2.1 ПК-2.2 ПК-2.3*

*Тема 7.4. Применение метода относительного кинематического позиционирования и позиционирования по методу «подвижной базы» для определения ориентации и навигации транспортных средств и их отдельных узлов или рабочих поверхностей*

Форма контроля/оценочное средство: Практическая работа

Вопросы/Задания:

1. Преобразование результатов наблюдений в формат RINEX

***Раздел 8. Сети дифференциальных геодезических станций***

*Контролируемые ИДК: ОПК-1.1 ОПК-1.2 ОПК-1.3 ОПК-1.4 ПК-2.1 ПК-2.2 ПК-2.3*

*Тема 8.4. Международная сеть пунктов IGS.*

Форма контроля/оценочное средство: Практическая работа

Вопросы/Задания:

1. Обработка кинематических наблюдений в программном пакете RTKLIB

***Раздел 9. Специальные области применения ГНСС, РНСС и SBAS***

*Контролируемые ИДК: ОПК-1.1 ОПК-1.2 ОПК-1.3 ОПК-1.4 ПК-2.1 ПК-2.2 ПК-2.3*

*Тема 9.1. Классы точности и области применения результатов функционирования спутниковых систем и широкозонных дополнений*

Форма контроля/оценочное средство: Наличие конспекта лекций

Вопросы/Задания:

1. Проверка конспекта лекций по темам раздела "Специальные области применения ГНСС, РНСС и SBAS"

## 8. Оценочные материалы промежуточной аттестации

*7 семестр, Зачет*

*Контролируемые ИДК: ОПК-1.1 ОПК-1.2 ОПК-1.3 ОПК-1.4 ПК-2.1 ПК-2.2 ПК-2.3*

Вопросы/Задания:

1. Что такое длина волны радиосигнала, частота сигнала и фаза сигнала?

2. Каким образом может быть оценена точность полиномиальной интерполяции точных эфемерид?

3. Какие метеорологические параметры необходимы для применения моделей тропосферы? К какой точке пространства относятся эти метеорологические параметры?

4. Что такое ошибка часов приёмника?

5. Что такое коэффициенты потери точности?

6. Какие дополнительные факторы необходимо учесть, чтобы повысить точность вычисления координат пункта наблюдений? Какие для этого необходимы дополнительные данные?

*8 семестр, Экзамен*

*Контролируемые ИДК: ОПК-1.1 ОПК-1.2 ОПК-1.3 ОПК-1.4 ПК-2.1 ПК-2.2 ПК-2.3*
Вопросы/Задания:

1. Влияние ионосферы Земли на распространение радионавигационных сигналов ГНСС и измерение кодовых и фазовых псевдодальностей

2. Типы, состав и назначение ассистирующей информации используемой при позиционировании по сигналам ГНСС (метеорологические параметры, параметры моделей ионосферы, межканальные задержки СГА и т.д.)

3. Контрольно корректирующая информация ГНСС (дифференциальные поправки). Состав, форматы и способы передачи

4. Методика вычисления приближённых координат потребителя ГНСС

5. Принципы совместной обработки измерительной информации полученной при помощи СГА, инерциальных навигационных систем (ИНС), одометров и других средств измерений

6. Применение СГА для определения ориентации объектов в пространстве

## 9. Материально-техническое и учебно-методическое обеспечение дисциплины

### 9.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

*Основная литература*

1. Куприянов А.О. Глобальные навигационные спутниковые системы: Учебное пособие. / А.О. Куприянов. - МИИГАиК, 2017. - 76 - Текст: непосредственный.

*Дополнительная литература*

1. Глобальные навигационные спутниковые системы: учебное пособие: учебное пособие / С. И. Волков, А. В. Саяпин, П. В. Барабицкий, С. А. Семенов, Ю. М. Тоболов. - Глобальные навигационные спутниковые системы - Москва: Институт аэронавигации, 2017. - 122 с. - 2227-8397. - Текст: электронный. // IPR SMART: [сайт]. - URL: https://www.iprbookshop.ru/88416.html (дата обращения: 16.03.2025). - Режим доступа: по подписке

### 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"

*Ресурсы «Интернет»*

1. http://www.miigaik.ru - сайт Московского государственного университета геодезии и картографии (МИИГАиК)
2. https://sdo.miigaik.ru/ - Система дистанционного обучения Московского государственного университета геодезии и картографии

### 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

Для практических занятий
Нивилир оптико-механический - 5 шт.
Рейка - 3 шт.
Тахеометр Soulh - 3 шт.
Штатив - 8 шт.
Электронный теодолит - 8 шт.
Интерактивная доска - 1 шт.
Интерактивная панель - 1 шт.
Меловая доска - 1 шт.
Электронный тахеометр Trimble - 9 шт.

## 10. Методические указания по освоению дисциплины (модуля)

Освоение обучающимся учебной дисциплины «Глобальные навигационные спутниковые системы» предполагает изучение материалов дисциплины на аудиторных занятиях и в ходе самостоятельной работы. Аудиторные занятия проходят в форме лекций, практических занятий. Самостоятельная работа включает разнообразный комплекс видов и форм работы обучающихся.
Самостоятельная работа студентов (СРС) позволяет предметно выработать аналитические навыки, обеспечить понимание теории и юридической практики, более осознанно относиться к уровню своей профессиональной подготовки. СРС способствует развитию их мыслительной деятельности, обеспечивает усвоение определенного учебного материала и предоставляет необходимую подготовку для решения конкретных практических задач, входящих в их будущие профессиональные обязанности. СРС направлена на обеспечение индивидуализации при изучении курса, на развитие способностей и возможностей, на персонификацию контроля за качеством обучения.
При подготовке к практическим занятиям, руководствуясь планом и списком рекомендуемой литературы, необходимо изучить тему так, чтобы по каждому из предложенных вопросов студент мог дать развернутый, обстоятельный ответ. Внеаудиторная самостоятельная работа студентов включает:
- работа над конспектом лекции;
- подготовка к практическому занятию;
- подготовка к практическому занятию с ИАМ;
- доработка конспекта лекции с применением учебника, методической литературы, дополнительной литературы;
- подбор, изучение, анализ и конспектирование рекомендованной литературы;
- самостоятельное изучение отдельных тем, параграфов;
- подготовка к экзамену.
Для успешного освоения учебной дисциплины и достижения поставленных целей необходимо внимательно ознакомиться настоящей рабочей программы учебной дисциплины. Ее может представить преподаватель на вводной лекции или самостоятельно обучающийся использует информацию на официальном Интернет-сайте Университета.
Следует обратить внимание на список основной и дополнительной литературы, которая

имеется в электронной библиотечной системе Университет, на предлагаемые преподавателем ресурсы информационно-телекоммуникационной сети Интернет. Эта информация необходима для самостоятельной работы обучающегося.

***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.