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

Факультет оптического приборостроения
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
18 апреля 2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) «Б1.В.13 МЕТОДЫ И СРЕДСТВА СПУТНИКОВОГО ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ»

Уровень высшего образования: специалитет

Специальность: 12.05.01 Электронные и оптико-электронные приборы и системы специального назначения

Направленность(профиль) подготовки: Электронные и оптико-электронные приборы и системы дистанционного зондирования Земли

Квалификация (степень) выпускника: инженер

Форма обучения: очная

Год набора (приема на обучение): 2025

Срок получения образования: 5 лет 6 месяца(-ев)

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

Москва, 2025

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

Рабочая программа дисциплины (модуля) составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по специальности 12.05.01 Электронные и оптико-электронные приборы и системы специального назначения, утвержденного приказом Минобрнауки от 09.08.2018 № 93

Согласование и утверждение

№	Подразделение	Ответственное лицо	ФИО	Виза	Дата, протокол (при наличии)
1	факультет Оптического приборостроения	Председатель ученого совета факультета	Торшина И. П.	Рассмотрено	15.01.2025, № 2/24-25

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 профессиональных компетенций, связанных с использованием глобальных навигационных спутниковых систем и других радионавигационных комплексов для выполнения экспериментальных научных исследований, и задач, связанных с разработкой навигацион-ной аппаратуры потребителя, её структурных и функциональных схем, установления технических требований на её отдельные блоки и элементы.

Задачи изучения дисциплины:

- формирование у обучающихся компетенций, позволяющих ему анализировать научно-техническую информацию по разработке оптико-электронных приборов и комплексов дистанционного зондирования Земли.

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

Компетенции, индикаторы и результаты обучения

ПК-5 Способен анализировать научно-техническую информацию по разработке оптико-электронных приборов и комплексов дистанционного зондирования Земли

ПК-5.1 Владеет научно-технической информацией в области использования ОЭС ДЗЗ

Знать:

ПК-5.1/Зн3 Основные достижения и проблемы современной оптотехники, обеспечивающие модернизацию экономики и развитие фундаментальной и прикладной науки

Уметь:

ПК-5.1/Ум2 Представлять материалы для оформления патентов, готовить к публикации на-учные статьи и оформлять научно-технические отчеты, скать патентную и науч-но-техническую информацию и составлять научно-технические отчеты и по-яснительные записки

Владеть:

ПК-5.1/Нв1 Владеть методами поиска и анализа научно-технической информации об отечественном и зарубежном опыте по разработке оптических и оптико-электронных приборов и комплексов; владеть способами представления информации в систематизированном виде, требуемом формате, оформлением научно-технических отчетов, владеть навыками составления планов поиска научно-технической информации по разработке оптических и оптико-электронных приборов и комплексов.

ПК-5.2 Планирует применение систем дистанционного зондирования Земли

Знать:

ПК-5.2/Зн2 Принципы построения и функционирования электронных и оптико-электронных приборов и систем дистанцион-ного зондирования Земли

Уметь:

ПК-5.2/Ум2 Работать с техническими текстами и использовать стандартные текстовые и графические программы для оформле-ния документации

Владеть:

ПК-5.2/Нв2 Программными и ма-тематическими средствами для обработки результатов наблюдений

ПК-5.3 Анализирует структурные и принципиальные схемы ОЭС ДЗ, их элементную базу, разрабатывает и вносит предложения по модернизации конструкции ОЭС ДЗЗ.

Знать:

ПК-5.3/Зн1 Физическая и прикладная оптика. Основные типы, характеристики оптических и оптико-электронных систем дистанционного зондирования Земли, элементная база опто-техники Принципы построения и функционирования электронных и оптико-электронных приборов и систем дистанционного зондирования Земли. Общий курс технического английского языка в области оптического приборостроения, оптических материалов и технологий

Уметь:

ПК-5.3/Ум1 Работать с техническими текстами. Использовать стандартные текстовые и графические программы для оформления документации. Анализировать состояние и перспективы развития оптотехники в целом и ее отдельных направлени. Применять справочные материалы. Представлять материалы для оформления патентов, готовить к публикации научные статьи и оформлять научно-технические отчет. Переводить научные тексты. Искать патентную и научно-техническую информацию. Составлять научно-технические отчеты и пояснительные записки

Владеть:

ПК-5.3/Нв2 Анализ исходных требований к параметрам разрабатываемого оптико-электронного прибора

3. Место дисциплины в структуре ОП

Дисциплина (модуль) Б1.В.13 «Методы и средства спутникового позиционирования оптико-электронных систем» относится к формируемой участниками образовательных отношений части образовательной программы и изучается в семестре(ах): 9.

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)
9 семестр	144	4	17	34	93	Зачет с оценкой
Всего	144	4	17	34	93	

5. Содержание дисциплины (модуля)

5.1. Разделы, темы дисциплины и виды занятий

(часы промежуточной аттестации не указываются)

		нятия	занятия	ая работа	результаты несенные с своения

Наименование раздела, темы	Всего	Лекционные за	Практические	Самостоятельн	Планируемые р обучения, соотн результатами о программы
Раздел 1. Глобальные навигационные спутниковые системы	**41**	**6**	**12**	**23**	ПК-5.1 ПК-5.2 ПК-5.3
Тема 1.1. Радионавигационные системы	16	2	4	10	
Тема 1.2. Источники ошибок позиционирования	14	2	4	8	
Тема 1.3. Методы позиционирования	11	2	4	5	
Раздел 2. Навигационная аппаратура потребителя	**103**	**11**	**22**	**70**	ПК-5.1 ПК-5.2 ПК-5.3
Тема 2.1. Навигационная аппаратура потребителя	18	2	4	12	
Тема 2.2. Устройство НАП	14	2	4	8	
Тема 2.3. Использование СГА	11	2	4	5	
Тема 2.4. ИНС/ГНСС системы	9	2	2	5	
Тема 2.5. Комплексирование оптико-электронных, навигационных спутниковых и инерциальных навигационных систем	18	2	6	10	
Тема 2.6. Схемы НАП и принципы работы	33	1	2	30	
Итого	**144**	**17**	**34**	**93**	

5.2. Содержание разделов, тем дисциплин и формы текущего контроля

Раздел 1. Глобальные навигационные спутниковые системы

Тема 1.1. Радионавигационные системы

Глобальные навигационные спутниковые системы: ГЛОНАСС, GPS, BDS, GALILEO. Кодовые и фазовые наблюдения. Несущие частоты. Модуляция. C/A и P-код. Кодовое и частотное разделение сигнала. Состав и структура навигационного сообщения. Системы SBAS, GBAS и принципы их работы. Псевдоспутниковые технологии.

Тема 1.2. Источники ошибок позиционирования

Ошибки за влияние ионосферы и тропосферы. Ошибка за влияние многолучевого распространения навигационного сигнала. Ошибка часов приёмника. Ошибка часов спутника. Релятивистские эффекты, влияющие на распространение радионавигационного сигнала.

Тема 1.3. Методы позиционирования

Абсолютное и относительное позиционирование. Автономный метод. Дифференциальный метод. Метод Precise Point Position. Статический метод позиционирования с постобработкой. Кинематический метод позиционирования с постобработкой. Метод позиционирования в режиме реального времени.

Текущий контроль

Вид (форма) контроля
Контрольная работа

Раздел 2. Навигационная аппаратура потребителя

Тема 2.1. Навигационная аппаратура потребителя

Навигационная аппаратура потребителя (НАП). Задачи решаемые с применением НАП. Классификация НАП. Геодезическая спутниковая аппаратура (ГСА). Методы исследования и поверки ГСА. Метод нулевой базы. Метод эталонов.

Тема 2.2. Устройство НАП

Производители ГНСС аппаратуры. Устройство ГНСС аппаратуры. OEM платы. Производители и характеристики OEM плат. Платы управления. Экспериментальные исследования в области НАП и его применения в целях решения задач экономики РФ.

Текущий контроль

Вид (форма) контроля
Контрольная работа

Тема 2.3. Использование СГА

Применение аппаратуры. Изучение программного обеспечения для работы с геодезической спутниковой аппаратурой. Команды для передачи и получения данных через COM интерфейс. Принципы работы встроенного программного обеспечения на основе аппаратуры АО "ПО "УОМЗ". Программы для постобработки данных.

Тема 2.4. ИНС/ГНСС системы

Инерциальные навигационные системы (ИНС). Принципы работы ИНС. Акселерометры. Оптоволоконный и лазерный гироскопы. Микроэлектромеханические акселерометры и гироскопы. Принципы работы. Совмещение ИНС/ГНСС систем.

Текущий контроль

Вид (форма) контроля
Контрольная работа

Тема 2.5. Комплексирование оптико-электронных, навигационных спутниковых и инерциальных навигационных систем

Комплексирование оптико-электронных, навигационные спутниковых и инерциальных навигационных систем. Роботизированные технологии. Лазерные сканеры. Технология гибрид, принципы работы и решаемые задачи.

Текущий контроль

Вид (форма) контроля
Контрольная работа

Тема 2.6. Схемы НАП и принципы работы

Специальные модули и блоки, интегрированные в спутниковую геодезическую аппаратуру. Принципы работы НАП с псевдоспутниковыми технологиями и системами функциональных дополнений. Структурные и функциональные схемы аппаратуры. Установление технических требований к аппаратуре потребителя

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 с оценкой, 9 семестр.

Зачет с оценкой проводится в устной форме с выставлением оценки по пятибалльной шкале и предназначен для проверки уровня освоения студентами учебного материала дисциплины в полном объеме.

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:

«Отлично» (5) – выставляется за полный развернутый ответ;

«Хорошо» (4) – выставляется за развернутый ответ;

«Удовлетворительно» (3) – выставляется за краткий ответ;

«Неудовлетворительно» (2) – за отсутствие ответа или грубые ошибки в основных понятиях.

7. Оценочные материалы текущего контроля

Раздел 1. Глобальные навигационные спутниковые системы

Контролируемые ИДК: ПК-5.1 ПК-5.2 ПК-5.3

Тема 1.3. Методы позиционирования

Форма контроля/оценочное средство: Контрольная работа

Раздел 2. Навигационная аппаратура потребителя

Контролируемые ИДК: ПК-5.1 ПК-5.2 ПК-5.3

Тема 2.2. Устройство НАП

Форма контроля/оценочное средство: Контрольная работа

Тема 2.4. ИНС/ГНСС системы

Форма контроля/оценочное средство: Контрольная работа

Тема 2.5. Комплексирование оптико-электронных, навигационных спутниковых и инерциальных навигационных систем

Форма контроля/оценочное средство: Контрольная работа

8. Оценочные материалы промежуточной аттестации

9 семестр, Зачет с оценкой

Контролируемые ИДК: ПК-5.1 ПК-5.2 ПК-5.3

Вопросы/Задания:

1. История развития ГЛОНАСС, GPS, BDS, Galileo. Нормативные документы по ГНСС из раздела нормативно правовые акты

2. Дистрибьютеры ГСА. Типы антенн и их формфактор

3. Принципы работы MEMS-датчиков

4. Отобразить принцип работы СГА в виде блок-схемы

5. Методы позиционирования. Факторы, влияющие на точность автономного позиционирования с применением navipedia

6. Модуляция радионавигационного сигнала. Частоты, фаза, скорость света, длина волны, период.

7. Программные и аппаратные методы подавления эффекта многолучевости. Спутниковые часы

9. Материально-техническое и учебно-методическое обеспечение дисциплины

9.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Основная литература

1. Глобальные навигационные спутниковые системы: 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 - Режим доступа: по подписке

2. Спутниковые методы измерений в геодезии: Учебное пособие. Часть 3. / Е.Б. Клюшин, И.Г. Гайрабеков, Е.Ю. Маркелова, В.В. Шлапак. - МИИГАиК, 2015. - 110 - 978-5-91188-066-8. - Текст: непосредственный.

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

Дополнительная литература

1. Корнилов И. Н. Спутниковые радионавигационные системы: лабораторный практикум / И. Н. Корнилов; под редакцией Д. В. Астрецова. - Спутниковые радионавигационные системы - Екатеринбург: Издательство Уральского университета, 2017. - 76 с. - 978-5-7996-2123-0. - Текст: электронный // IPR SMART: [сайт]. - URL: https://www.iprbookshop.ru/106789.html - 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://www.miigaik.ru/library/tutorials/ - Учебные модули в электронной библиотеке виртуального университета МИИГАиК

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

Интерактивная панель - 1 шт.
Меловая доска - 1 шт.
Рейка - 3 шт.
Тахеометр Pentax - 5 шт.
Тахеометр Soulh - 3 шт.
Штатив - 8 шт.
Электронный тахеометр - 5 шт.

10. Методические указания по освоению дисциплины (модуля)

Освоение обучающимся учебной дисциплины «Батиметрические съёмки и геодезические работы на шельфе» 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.