

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
образования
«ИРКУТСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

Структурное подразделение «Маркшейдерского дела и геодезии»

УТВЕРЖДЕНА:
на заседании кафедры
Протокол №8 от 20 мая 2025 г.

Рабочая программа дисциплины

«СПУТНИКОВЫЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ»

Специальность: 21.05.01 Прикладная геодезия

Инженерная геодезия

Квалификация: Инженер-геодезист

Форма обучения: очная

Документ подписан простой
электронной подписью
Составитель программы:
Торосян Паруйр Рафикович
Дата подписания: 03.06.2025

Документ подписан простой
электронной подписью
Утвердил: Загibalов
Александр Валентинович
Дата подписания: 04.06.2025

Документ подписан простой
электронной подписью
Согласовал: Клевцов Евгений
Валерьевич
Дата подписания: 06.06.2025

Год набора – 2025

Иркутск, 2025 г.

1 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы

1.1 Дисциплина «Спутниковые системы и технологии позиционирования» обеспечивает формирование следующих компетенций с учётом индикаторов их достижения

Код, наименование компетенции	Код индикатора компетенции
ПК-1 Способен осуществлять эксплуатацию специальных инженерно-геодезических приборов и систем при выполнении инженерно-геодезических и маркшейдерских работ, владеет методами исследования и поверок геодезических приборов и инструментов	ПК-1.8
ПК-5 Способен использовать результаты наблюдений искусственных и естественных спутников Земли и результаты астрономо-геодезических определений для решения научных и научно-технических задач	ПК-5.4

1.2 В результате освоения дисциплины у обучающихся должны быть сформированы

Код индикатора	Содержание индикатора	Результат обучения
ПК-1.8	Способен осуществлять эксплуатацию спутниковых геодезических станций	Знать структуру, порядок функционирования и возможности использования глобальных навигационных спутниковых систем; принцип действия и особенности работы спутниковых систем глонасс и gps; методы спутниковых измерений и методики выполнения геодезических работ на их основе. Уметь проектировать и планировать высокоточные спутниковые измерения и выполнять их обработку с помощью специальных прикладных программ; выполнять оценку точности пространственных геодезических сетей и предрасчеты точности результатов геодезических измерений. Владеть навыками создания и реконструкции опорных геодезических сетей, выполнения топографических съемок, геодезического мониторинга для изучения деформационных процессов на земной поверхности на основе спутниковых технологий

ПК-5.4	Способен выполнять инженерно-геодезические работы с применением спутниковых систем для решения задач инженерных изысканий, проектирования, строительства и эксплуатации инженерных сооружений	позиционирования. Знать системы координат и времени используемые в современных и перспективных спутниковых системах. способы определения координат спутниковыми методами, абсолютный и дифференциальный; - принципы кодовых и фазовых измерений; факторы влияющие на точность определения координат спутниковыми методами позиционирования; - методы и технологии, применяемые при производстве работ с помощью геодезической спутниковой аппаратуры; способы математической обработки и оценки результатов спутниковых измерений. Уметь выполнять установку, включение, тестирование аппаратуры, производить выбор точек для базовых станций, планировать и оптимизировать процесс съемки с подвижными приемниками, в зависимости от выполняемых задач, работать с массивами координатной информации в соответствии с требованиями; работать в режимах статика, псевдокинематка, кинематика с современной многосистемной спутниковой (глонасс-gps-.. galileo-...) аппаратурой, с опциями дифференциальных подсистем; выполнять различные виды съемок с использованием спутниковой аппаратуры позиционирования; обрабатывать результаты спутниковых определений с использованием современных программно-математических средств. Владеть методами и средствами полевых и камеральных работ по созданию, развитию и реконструкции государственных геодезических сетей и координатных построений
--------	---	--

		специального назначения
--	--	-------------------------

2 Место дисциплины в структуре ООП

Изучение дисциплины «Спутниковые системы и технологии позиционирования» базируется на результатах освоения следующих дисциплин/практик: «Математика», «Геодезия», «Высшая геодезия», «Теория математической обработки геодезических измерений», «Космическая геодезия и геодинамика»

Дисциплина является предшествующей для дисциплин/практик: «Прикладная геодезия», «Инженерно-геодезические изыскания», «Учебная практика: проектно-технологическая практика»

3 Объем дисциплины

Объем дисциплины составляет – 5 ЗЕТ

Вид учебной работы	Трудоемкость в академических часах (Один академический час соответствует 45 минутам астрономического часа)	
	Всего	Семестр № 6
Общая трудоемкость дисциплины	180	180
Аудиторные занятия, в том числе:	64	64
лекции	16	16
лабораторные работы	48	48
практические/семинарские занятия	0	0
Контактная работа, в том числе	0	0
в форме работы в электронной информационной образовательной среде	0	0
Самостоятельная работа (в т.ч. курсовое проектирование)	80	80
Трудоемкость промежуточной аттестации	36	36
Вид промежуточной аттестации (итогового контроля по дисциплине)	Экзамен	Экзамен

4 Структура и содержание дисциплины

4.1 Сводные данные по содержанию дисциплины

Семестр № 6

№ п/п	Наименование раздела и темы дисциплины	Виды контактной работы						СРС		Форма текущего контроля
		Лекции		ЛР		ПЗ(СЕМ)				
		№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Введение	1	2							Тест
2	Системы координат и времени, используемые в спутниковых	2	2					1	10	Тест

	системах.									
3	Подсистемы спутниковых систем.	3	2					1	5	Тест
4	Работа с кодовыми спутниковыми приёмниками и абсолютными способами позиционирования.	4	2	1	6			1	10	Отчет по лабораторной работе
5	Работа со спутниковыми приёмниками и относительными способами позиционирования.	5	2	2, 3, 4, 5, 6, 7, 8	26			1	20	Отчет по лабораторной работе
6	Дифференциальный метод спутниковых систем.	6	2	9, 10	16			1	15	Отчет по лабораторной работе
7	Источники ошибок спутниковых измерений.	7	2					1	5	Тест
8	Системы спутниковых референцных станций.	8	2					1	15	Тест
	Промежуточная аттестация								36	Экзамен
	Всего		16		48				116	

4.2 Краткое содержание разделов и тем занятий

Семестр № 6

№	Тема	Краткое содержание
1	Введение	Предмет и задачи курса, связь с другими дисциплинами, применение спутниковых систем в геодезии и решении прикладных задач, достоинства и недостатки спутниковых систем.
2	Системы координат и времени, используемые в спутниковых системах.	Опорные системы координат (WGS-84, ПЗ-90, ITRF), референцные системы координат СК-42, СК-95, местные системы координат, системы высот, используемые в спутниковых системах.
3	Подсистемы спутниковых систем.	Архитектура спутниковой навигационной системы, подсистема контроля и управления, подсистема космических аппаратов, сигналы, передаваемые со спутников, формирование радионавигационного поля, подсистема потребителей, классификация спутниковой аппаратуры.
4	Работа с кодовыми спутниковыми	Методы решения навигационной задачи в спутниковых системах, абсолютный метод,

	приёмниками и абсолютными способами позиционирования.	кодовые измерения, принцип определения местоположения абсолютным методом, понятие псевдодальности, уравнение засечки по псевдодальности.
5	Работа со спутниковыми приёмниками и относительными способами позиционирования.	Относительный метод, фазовые измерения, проблема определения целого числа длин волн, понятие базовой линии, виды решения базовой линии: float, fixed.
6	Дифференциальный метод спутниковых систем.	Способы дифференциальной коррекции, дифференциальные подсистемы спутниковых систем.
7	Источники ошибок спутниковых измерений.	Классификация источников ошибок, влияние тропосферы и ионосферы, влияние неточного знания положения наблюдателя и ошибок в эфемеридах, многопутность, ошибки установки антенны.
8	Системы спутниковых референцных станций.	Создание систем высокоточного позиционирования на базе сети референцных станций, области применения спутникового высокоточного позиционирования, структура систем высокоточного позиционирования, программное обеспечение, необходимое для функционирования систем, концепция виртуальной опорной станции, обменный формат спутниковых данных RINEX.

4.3 Перечень лабораторных работ

Семестр № 6

№	Наименование лабораторной работы	Кол-во академических часов
1	Кодовые измерения.	6
2	Выбор типов и потенциальных возможностей спутниковых приёмников и антенн	2
3	Зарисовка схемы в журнал спутниковых наблюдений. Установка антенны спутникового приёмника и измерение её высоты. Зарисовка схемы измерения в журнал	2
4	Настройка сеанса измерений спутниковым приёмником.	2
5	Запись спутниковых измерений в файл.	2
6	Проектирование геодезической сети	4
7	Производство спутниковых определений на пунктах геодезической сети	6
8	Производство спутниковых определений в кинематическом режиме.	8
9	Исследование точности навигации в дифференциальном режиме	8

10	Учёт влияния расстояния между потребителем и базовой станцией.	8
----	--	---

4.4 Перечень практических занятий

Практических занятий не предусмотрено

4.5 Самостоятельная работа

Семестр № 6

№	Вид СРС	Кол-во академических часов
1	Проработка разделов теоретического материала	80

В ходе проведения занятий по дисциплине используются следующие интерактивные методы обучения: Интерактивный метод в тренингах

5 Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины

5.1 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

5.1.1 Методические указания для обучающихся по лабораторным работам:

Методические указания к лабораторным работам

5.1.2 Методические указания для обучающихся по самостоятельной работе:

Самостоятельная занятия по абсолютному методу спутникового позиционирования может включать изучение теоретических основ метода, выполнение практических заданий и использование ресурсов для закрепления знаний. Студент самостоятельно прорабатывает следующие вопросы: принцип работы абсолютного метода; решение обратной пространственной геодезической задачи путём линейной засечки - измерения расстояний до спутников, координаты которых известны; точность метода; факторы, влияющие на точность, и способы её повышения; использование спутниковой аппаратуры - классификация приёмников и антенн, метрологические характеристики и обработка результатов измерений - преобразование координат пунктов с помощью контроллера геодезического приёмника.

6 Фонд оценочных средств для контроля текущей успеваемости и проведения промежуточной аттестации по дисциплине

6.1 Оценочные средства для проведения текущего контроля

6.1.1 семестр 6 | Тест

Описание процедуры.

Процедура тестирования по дисциплине «Спутниковые системы и технологии позиционирования» включает несколько этапов: выбор вида тестирования, использование критериев оценивания, применение примеров вопросов и возможность онлайн-тестирования.

Текущий контроль проводится путем тестирования по разделам дисциплины, которое проводится в форме тестовых заданий.

Промежуточная аттестация - итоговое тестирование, которое может проходить в форме зачёта

Критерии оценивания.

Текущий контроль оценивается «зачтено» или «не зачтено». Оценка «зачтено» ставится, если слушатель дал 50% и более верных ответов на тестовые задания.

Оценка «не зачтено» выставляется, если верно дано менее 50% ответов на тестовые задания.

Прохождение промежуточного и итогового контроля в форме теста по дисциплине

6.1.2 семестр 6 | Отчет по лабораторной работе

Описание процедуры.

Защита отчёта по лабораторным работам студентом проводится перед преподавателем. В процессе защиты каждый студент должен кратко изложить основные результаты проделанной работы, анализ полученных материалов, дать обоснованные выводы по итогам выполнения работ. По результатам защиты преподаватель выставляет студенту оценку «зачтено».

По выбору преподавателя оценка может проводиться с учётом балльно-рейтинговой системы оценки.

Критерии оценивания.

Оценка «зачтено» выставляется, если студент набрал от 70 до 100 баллов, Оценка «не зачтено» - менее 70 баллов.

6.2 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

6.2.1 Критерии и средства (методы) оценивания индикаторов достижения компетенции в рамках промежуточной аттестации

Индикатор достижения компетенции	Критерии оценивания	Средства (методы) оценивания промежуточной аттестации
ПК-1.8	Контрольные вопросы.	Для текущего контроля и промежуточной аттестации применяются тестовые задания по разделам дисциплины.
ПК-5.4	Уверенно демонстрирует знание технологий спутникового позиционирования, возможностей их применения при инженерно-технических изысканиях для проектирования, строительства и эксплуатации инженерных сооружений; Демонстрирует умение	Экзамен

	решать разнообразные геодезические задачи, выполнять различные виды съемок с использованием спутниковой аппаратуры позиционирования.	
--	--	--

6.2.2 Типовые оценочные средства промежуточной аттестации

6.2.2.1 Семестр 6, Типовые оценочные средства для проведения экзамена по дисциплине

6.2.2.1.1 Описание процедуры

Экзамен проходит в формате устного опроса. Экзаменационный билет содержит 2 теоретических вопроса. К экзамену допускаются студенты, которые защитили и сдали все лабораторные работы и участвовали в тестировании по разделам дисциплины «Спутниковые системы и технологии позиционирования».

Пример задания:

Билет № 1

1. Преимущества и недостатки использования спутниковых технологий в геодезии.
2. Типы спутниковой аппаратуры, архитектура спутникового приёмника, его основные блоки.

Билет № 2

1. Псевдодальность и принцип её измерения, уравнение псевдодальности.
2. Фаза и принцип её измерения, уравнение фазы.

Билет №3

1. Ошибки эфемерид, модель поправки часов, способы ослабления их влияния.
2. Опишите шкалу времени ГНСС на примере GPS.

Билет № 4

1. Методы позиционирования по наблюдениям ГНСС.
2. Составление проекта геодезической спутниковой сети.

Билет №5

1. Методика полевых спутниковых геодезических измерений.
2. Математическая обработка результатов спутниковых наблюдений.

Билет №6

1. Преобразование плановых и высотных координат в спутниковых технологиях.
2. Организация спутниковых наблюдений.

Билет №7

1. Принципы построения и функционирования сетей референционных станций.
2. Координатное обеспечение геодезических работ с использованием сетей референционных станций.

6.2.2.1.2 Критерии оценивания

Отлично	Хорошо	Удовлетворительн	Неудовлетворительно
---------	--------	------------------	---------------------

		о	
ставится, если студент продемонстрировал системные знания по поставленным вопросам. Он раскрыл их логично, показал понимание причинно-следственных взаимосвязей, не допустил ошибок и неточностей, использовал необходимую терминологию, подкреплял теоретические положения конкретными примерами. Также студент показал хороший уровень знаний в работе со спутниковыми приемниками.	ставится, если студент имеет основные знания по вопросам, представления о причинно-следственных связях, влияющих на процессы и явления. Однако в ответе отсутствуют некоторые элементы содержания или присутствуют неточности. Есть пробелы в знаниях в области использования программного обеспечения.	ставится, если студент проявляет фрагментарное знание элементов содержания, но не может их подкрепить конкретными примерами, имеет общие представления о процессах или явлениях, но не может раскрыть их сущности.	ставится, если студент не выполнил задания экзамена.

7 Основная учебная литература

1. Антонович. Использование спутниковых радионавигационных систем в геодезии : монография: в 2 т. Т. 1, 2005. - 333.
2. Антонович. Использование спутниковых радионавигационных систем в геодезии : монография: в 2 т. Т. 2, 2006. - 359.
3. Ворошилов А. П. Спутниковые системы и электронные тахеометры в обеспечении строительных работ : учебное пособие / А. П. Ворошилов, 2007. - 163.

8 Дополнительная учебная литература и справочная

1. Космическая геодезия. Спутниковые навигационные системы и их геодезическое использование : учеб. пособие для студентов по специальностям 300100 "Прикладная геодезия" / В. Н. Баландин [и др.]; науч. ред. М. Я. Брын, 2002. - 71.
2. Космическая геодезия : учеб. для геодез. спец. вузов / Е.Г. Бойко, И.И. Краснорылов, Владимир Николаевич Баранов, 1986. - 406.
3. Исследования по геодезии, аэрофотосъемке и картографии : межвуз. сб. Вып. 3 (1). Геодезическая астрономия и космическая геодезия / Моск. ин-т инженеров геодезии, аэрофотосъемки и картографии, 1978. - 105.

9 Ресурсы сети Интернет

1. <http://library.istu.edu/>
2. <https://e.lanbook.com/>
3. <https://eft-cors.ru/>

10 Профессиональные базы данных

1. <http://new.fips.ru/>
2. <http://www1.fips.ru/>

11 Перечень информационных технологий, лицензионных и свободно распространяемых специализированных программных средств, информационных справочных систем

1. Microsoft Windows Seven Professional [1x100] RUS (проведен апгрейд с Microsoft Windows Seven Starter [1x100]) - поставка 2010
2. Microsoft Office Standard 2010_RUS_ поставка 2010 от ЗАО "СофтЛайн Трейд"
3. Adobe Acrobat Professional 9.0 поставка 2010
4. Credo_Dat 4.0_поставка 2011
5. ПАНОРАМА ГИТ _ ГИС Карта 2011 + геодезия + геология +гидрология_поставка 2011

12 Материально-техническое обеспечение дисциплины

1. Двухчастотный геодезический GPS ГЛОНАСС приемник Stonex S9 GNSS База
2. Двухчастотный геодезический GPS ГЛОНАСС приемник Stonex S9 GNSS Ровер
3. Двухчастотный геодезический GPS ГЛОНАСС приемник Stonex S9 GNSS База
4. Двухчастотный геодезический GPS ГЛОНАСС приемник Stonex S9 GNSS Ровер
5. Двухчастотный геодезический GPS ГЛОНАСС приемник Stonex S9 GNSS База с програм. обеспечением
6. Двухчастотный геодезический GPS ГЛОНАСС приемник Stonex S9 GNSS Ровер
7. Двухчастотный геодезический GPS ГЛОНАСС приемник Stonex S9 GNSS Ровер
8. Двухчастотный геодезический GPS ГЛОНАСС приемник Stonex S9 GNSS Ровер
9. Двухчастотный геодезический GPS ГЛОНАСС приемник Stonex S9 GNSS Ровер