

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

**Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования "Пермский
государственный национальный исследовательский
университет"**

Кафедра картографии и геоинформатики

**Авторы-составители: Пономарчук Алексей Иванович
Шихов Андрей Николаевич
Пьянков Сергей Васильевич**

Рабочая программа дисциплины

СПУТНИКОВЫЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ

Код УМК 94834

Утверждено
Протокол №6
от «23» июня 2021 г.

Пермь, 2021

1. Наименование дисциплины

Спутниковые системы и технологии позиционирования

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина входит в обязательную часть Блока « Б.1 » образовательной программы по направлениям подготовки (специальностям):

Направление подготовки: **21.03.03** Геодезия и дистанционное зондирование
направленность Дистанционное зондирование

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

В результате освоения дисциплины **Спутниковые системы и технологии позиционирования** у обучающегося должны быть сформированы следующие компетенции:

21.03.03 Геодезия и дистанционное зондирование (направленность : Дистанционное зондирование)

ПК.1 Способен проводить исследования в целях изучения динамики изменения поверхности Земли, а также изучения физических полей Земли и других планет

Индикаторы

ПК.1.1 Использует геодезические методы и средства дистанционного зондирования для изучения динамики изменения поверхности Земли

4. Объем и содержание дисциплины

Направление подготовки	21.03.03 Геодезия и дистанционное зондирование (направленность: Дистанционное зондирование)
форма обучения	очная
№№ триместров, выделенных для изучения дисциплины	10
Объем дисциплины (з.е.)	3
Объем дисциплины (ак.час.)	108
Контактная работа с преподавателем (ак.час.), в том числе:	42
Проведение лекционных занятий	14
Проведение лабораторных работ, занятий по иностранному языку	28
Самостоятельная работа (ак.час.)	66
Формы текущего контроля	Защищаемое контрольное мероприятие (2) Итоговое контрольное мероприятие (1)
Формы промежуточной аттестации	Экзамен (10 триместр)

5. Аннотированное описание содержания разделов и тем дисциплины

Спутниковые системы и технологии позиционирования

Введение. Обзор ГНСС и принципов их функционирования

Предмет и задачи курса. Связь с другими дисциплинами. Применение ГНСС в геодезии и решении прикладных задач. Достоинства и недостатки ГНСС. Современные глобальные навигационные системы: GPS, ГЛОНАСС, Galileo, Бэйдоу. Физические принципы функционирования ГНСС.

Системы координат и времени, используемые в ГНСС

Опорные системы координат, используемые в ГНСС (WGS-84, ПЗ-90, ITRF). Референсные системы координат СК-42, СК-95. Местные системы координат. Трансформация координат между опорными (общеземными), референсными и местными системами координат. Системы высот, используемые в ГНСС.

Подсистемы ГНСС

Архитектура спутниковой навигационной системы. Подсистема контроля и управления. Структура, выполняемые задачи. Подсистема космических аппаратов. Сигналы, передаваемые со спутников. Формирование радионавигационного поля. Подсистема потребителей. Классификация спутниковой аппаратуры. Типы приемников: кодовые приемники, одночастотные фазовые приемники, двухчастотные фазовые приемники. Архитектура спутникового приемника. Обзор аппаратуры ведущих фирм-производителей (Leica, Trimble и др.)

Работа с кодовыми спутниковыми приемниками и абсолютными способами позиционирования

Методы решения навигационной задачи в ГНСС. Абсолютный метод ГНСС. Кодовые измерения. Принцип определения местоположения абсолютным методом. Понятие псевдодальности. Уравнение засечки по псевдодальности. Источники ошибок абсолютного метода. Систематические и случайные ошибки. Методика ослабления действия ошибок наблюдений. Геометрические факторы. Планирование ГНСС-измерений.

Работа со спутниковыми приемниками и относительными способами позиционирования

Относительный метод ГНСС. Фазовые измерения. Проблема определения целого числа длин волн. Понятие базовой линии. Виды решения базовой линии: float, fixed.

Дифференциальный метод ГНСС

Дифференциальный метод ГНСС. Способы дифференциальной коррекции. Дифференциальные подсистемы ГНСС.

Источники ошибок ГНСС-измерений

Классификация источников ошибок ГНСС. Влияние тропосферы и ионосферы. Влияние неточного знания положения наблюдателя и ошибок в эфемеридах. Многопутность, ошибки установки антенны.

Организация ГНСС-измерений и их обработки

Режимы ГНСС-измерений: статика, кинематика, стоя-иду, RTK. Настройки приемника и организация измерений. Основные этапы обработки ГНСС-измерений. Контроли и допуски.

Системы спутниковых референчных станций

Системы спутниковых референчных станций. Создание систем высокоточного позиционирования (единой координатно-временной основы) на базе сети референчных станций. Области применения спутникового высокоточного позиционирования. Структура систем высокоточного позиционирования. Программное обеспечение, необходимое для функционирования СВТП. Концепция виртуальной

опорной станции. Обменный формат ГНСС - данных RINEX.

Подготовка к итоговому контрольному мероприятию

Подготовка к итоговому контрольному мероприятию предполагает актуализацию знаний по основным разделам курса: принципы функционирования ГНСС, системы координат и времени, используемые в ГНСС, работа с кодовыми спутниковыми приемниками и абсолютными способами позиционирования, работа с относительными способами позиционирования, дифференциальный метод ГНСС, источники ошибок ГНСС-измерений, организация ГНСС-измерений и их обработки.

6. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Освоение дисциплины требует систематического изучения всех тем в той последовательности, в какой они указаны в рабочей программе.

Основными видами учебной работы являются аудиторские занятия. Их цель - расширить базовые знания обучающихся по осваиваемой дисциплине и систему теоретических ориентиров для последующего более глубокого освоения программного материала в ходе самостоятельной работы. Обучающемуся важно помнить, что контактная работа с преподавателем эффективно помогает ему овладеть программным материалом благодаря расстановке необходимых акцентов и удержанию внимания интонационными модуляциями голоса, а также подключением аудио-визуального механизма восприятия информации.

Самостоятельная работа преследует следующие цели:

- закрепление и совершенствование теоретических знаний, полученных на лекционных занятиях;
- формирование навыков подготовки текстовой составляющей информации учебного и научного назначения для размещения в различных информационных системах;
- совершенствование навыков поиска научных публикаций и образовательных ресурсов, размещенных в сети Интернет;
- самоконтроль освоения программного материала.

Обучающемуся необходимо помнить, что результаты самостоятельной работы контролируются преподавателем во время проведения мероприятий текущего контроля и учитываются при промежуточной аттестации.

Обучающимся с ОВЗ и инвалидов предоставляется возможность выбора форм проведения мероприятий текущего контроля, альтернативных формам, предусмотренным рабочей программой дисциплины. Предусматривается возможность увеличения в пределах 1 академического часа времени, отводимого на выполнение контрольных мероприятий.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

При проведении текущего контроля применяются оценочные средства, обеспечивающие передачу информации, от обучающегося к преподавателю, с учетом психофизиологических особенностей здоровья обучающихся.

7. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

При самостоятельной работе обучающимся следует использовать:

- конспекты лекций;
- литературу из перечня основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля);
- текст лекций на электронных носителях;
- ресурсы информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимые для освоения дисциплины;
- лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение из перечня информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине;
- методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Основная:

1. Горбунов М. Е. Физические и математические принципы спутникового радиозатменного зондирования атмосферы Земли:[монография]/М. Е. Горбунов.-Москва:ГЕОС,2019, ISBN 978-5-89118-780-1.-288.-Библиогр. в конце разд.
2. Раклов, В. П. Картография и ГИС : учебное пособие для вузов / В. П. Раклов. — 3-е изд. — Москва : Академический проект, 2020. — 216 с. — ISBN 978-5-8291-2987-3. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. <http://www.iprbookshop.ru/36378.html>

Дополнительная:

1. Серапинас Б. Б. Математическая картография:учебник для студентов вузов, обучающихся по специальностям "Картография", и "География"/Б. Б. Серапинас.-Москва:Академия,2005, ISBN 5-7695-2131-7.-336.-Библиогр.: с. 328-329
2. Говердовский В. Ф.Лабораторный практикум по дисциплине "Космическая метеорология".учебное пособие для вузов, обучающихся по специальности "Метеорология" направления подготовки "Гидрометеорология" Ч. 1.Спутниковая метеорология/В. Ф. Говердовский, А. В. Дикинис ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное агентство по образованию, Российский государственный гидрометеорологический университет.-Санкт-Петербург:РГГМУ,2009, ISBN 978-5-86813-232-2.-2271

9. Перечень ресурсов сети Интернет, необходимых для освоения дисциплины

<http://www.glonass-ianc.rsa.ru/> Информационно-аналитический центр Федерального космического агентства РФ.

<http://www.colorado.edu/geography/gcraft/notes/gps/gps.html> Global Positioning System Overview

<https://www.glonass-iac.ru/> Информационно-аналитический центр координатно-временного и навигационного обеспечения

<https://www.roscosmos.ru/> Сайт госкорпорации "Роскосмос"

10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Образовательный процесс по дисциплине **Спутниковые системы и технологии позиционирования** предполагает использование следующего программного обеспечения и информационных справочных систем:

Презентационные материалы (слайды по темам лекционных и практических занятий)

Доступ в режиме on-line в Электронную библиотечную систему (ЭБС)

Доступ в электронную информационно-образовательную среду университета.

Лицензионный программный комплекс: ArcGIS

Программный комплекс с открытым кодом Q-GIS, GRASS, SAGA, ILVIS, GDAL

Архив открытых геоданных портала GIS-LAB.INFO.

ОС "Альт Образование"

Консультант Плюс [Электронный ресурс]: справочно-правовая система: база данных. – Доступ из сети ПГНИУ

Архивы кафедры картографии и геоинформатики и ГИС-центра ПГНИУ:

- Архив цифровых топографических карт масштаба 1:1000000, 1:500000, 1:200000, 1:100000 за 2002-2017 годы;
- Архив цифровых и печатных космических снимков (LandSat, SPOT, IRS, Sentinel-2) за 2007-2017 годы;
- Архив цифровых моделей рельефа и цифровых моделей местности;
- Архив периодической, учебной и технической литературы кафедры, в т.ч. электронные издания;
- Архив цифровых тематических электронных слоев баз пространственных данных;
- Архив печатной технической литературы по сопровождению лицензионных программных продуктов.

При освоении материала и выполнения заданий по дисциплине рекомендуется использование материалов, размещенных в Личных кабинетах обучающихся ЕТИС ПГНИУ (student.psu.ru).

При организации дистанционной работы и проведении занятий в режиме онлайн могут использоваться:

система видеоконференцсвязи на основе платформы BigBlueButton (<https://bigbluebutton.org/>).

система LMS Moodle (<http://e-learn.psu.ru/>), которая поддерживает возможность использования текстовых материалов и презентаций, аудио- и видеоконтент, а так же тесты, проверяемые задания, задания для совместной работы.

система тестирования Indigo (<https://indigotech.ru/>).

11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Для лекционных занятий требуется: проектор, экран, компьютер/ноутбук, меловая (и) или маркерная доска.

Для лабораторных занятий: компьютерный класс, оснащенный персональными ЭВМ. Состав оборудования определен в Паспорте компьютерного класса.

Для групповых и индивидуальных консультаций требуется: проектор, экран, компьютер/ноутбук, меловая (и) или маркерная доска.

Для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации требуется: проектор, экран, компьютер/ноутбук, меловая (и) или маркерная доска.

Для самостоятельной работы: аудитория, оснащенная компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет», обеспеченная доступом в электронную информационно-образовательную среду университета. Помещения Научной библиотеки ПГНИУ.

Помещения научной библиотеки ПГНИУ для обеспечения самостоятельной работы обучающихся:

1. Научно-библиографический отдел, корп.1, ауд. 142. Оборудован 3 персональными компьютера с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

2. Читальный зал гуманитарной литературы, корп. 2, ауд. 418. Оборудован 7 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

3. Читальный зал естественной литературы, корп.6, ауд. 107а. Оборудован 5 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

4. Отдел иностранной литературы, корп.2 ауд. 207. Оборудован 1 персональным компьютером с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

5. Библиотека юридического факультета, корп.9, ауд. 4. Оборудована 11 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

6. Читальный зал географического факультета, корп.8, ауд. 419. Оборудован 6 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

Все компьютеры, установленные в помещениях научной библиотеки, оснащены следующим программным обеспечением:

Операционная система ALT Linux;

Офисный пакет Libreoffice.

Справочно-правовая система «КонсультантПлюс»

**Фонды оценочных средств для аттестации по дисциплине
Спутниковые системы и технологии позиционирования**

**Планируемые результаты обучения по дисциплине для формирования компетенции.
Индикаторы и критерии их оценивания**

ПК.1

Способен проводить исследования в целях изучения динамики изменения поверхности Земли, а также изучения физических полей Земли и других планет

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
<p>ПК.1.1 Использует геодезические методы и средства дистанционного зондирования для изучения динамики изменения поверхности Земли</p>	<p>Знать: Основные существующие и проектируемые GNSS (GPS, ГЛОНАСС, Galileo) и их отличия, типы спутниковых приемников, концепции интеграции GNSS с другими геодезическими приборами и области их применения Уметь: осуществлять сбор пространственных данных с помощью систем спутникового позиционирования при проведении различных полевых работ, а также их конвертацию и интеграцию с другими пространственными данными; оценивать точность позиционирования. Владеть: навыками сбора пространственных данных с помощью систем глобального позиционирования; конвертации данных из форматов, используемых в GNSS-приемниках, в общераспространенные ГИС-форматы и обратно, загрузки картографических материалов в GNSS-приемники, совмещения с векторными слоями и космическими снимками в ПО ГИС.</p>	<p align="center">Неудовлетворител</p> <p>Не знает основные существующие и проектируемые GNSS (GPS, ГЛОНАСС, Galileo) и их отличия, типы спутниковых приемников, основы работы СВТП Не умеет осуществлять сбор пространственных данных с помощью систем спутникового позиционирования, их конвертацию и интеграцию с другими пространственными данными; оценивать точность позиционирования, производить измерения с помощью СВТП Не владеет навыками сбора пространственных данных с помощью систем глобального позиционирования; конвертации данных из форматов, используемых в GNSS-приемниках, в общераспространенные ГИС-форматы и обратно, загрузки картографических материалов в GNSS-приемники, совмещения с векторными слоями и космическими снимками в ПО ГИС</p> <p align="center">Удовлетворительн</p> <p>Имеет общее представление о существующих и проектируемых GNSS (GPS, ГЛОНАСС, Galileo) и их отличиях, типах спутниковых приемников, основах работы СВТП. Имеет частично сформированные умения осуществлять сбор пространственных данных с помощью систем спутникового позиционирования, их конвертацию и интеграцию с другими пространственными данными; оценивать точность позиционирования, производить измерения с помощью СВТП</p>

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
		<p style="text-align: center;">Удовлетворительн</p> <p>Владеет отдельными элементами технологии сбора пространственных данных с помощью систем глобального позиционирования; конвертации данных, конвертации данных и их представления в ГИС.</p> <p style="text-align: center;">Хорошо</p> <p>Хорошо ориентируется и знает основные существующие и проектируемые GNSS и их отличия, типы спутниковых приемников, концепции интеграции GNSS с другими геодезическими приборами. Имеет представление о СВТП и способах их применения.</p> <p>Знания имеют некоторые пробелы В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умения осуществлять сбор пространственных данных с помощью систем спутникового позиционирования, их конвертацию и интеграцию с другими пространственными данными; оценивать точность позиционирования, производить измерения с помощью СВТП</p> <p>В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы владение навыками сбора пространственных данных с помощью GNSS; конвертации данных из форматов, используемых в GNSS - приемниках, в общераспространенные ГИС-форматы и обратно, загрузки картографических материалов в GNSS-приемники, совмещения с векторными слоями и космическими снимками в ПО ГИС.</p> <p style="text-align: center;">Отлично</p> <p>Знает основные существующие и проектируемые GNSS (GPS, ГЛОНАСС, Galileo) и их отличия, типы спутниковых приемников, концепции интеграции GNSS с другими геодезическими приборами, основы работы систем высокоточного позиционирования (СВТП) и области их применения, и способен применять эти знания на практике.</p> <p>Способен самостоятельно производить</p>

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
		<p style="text-align: center;">Отлично</p> <p>поиск, отбор, заказ осуществлять сбор пространственных данных с помощью систем спутникового позиционирования, их конвертацию и интеграцию с другими пространственными данными; оценивать точность позиционирования.</p> <p>Свободно владеет навыками сбора пространственных данных с помощью GNSS; конвертации данных из форматов, используемых в GNSS-приемниках, в общераспространенные ГИС-форматы и обратно, загрузки картографических материалов в GNSS-приемники, совмещения с векторными слоями и космическими снимками в ПО ГИС.</p>

Оценочные средства текущего контроля и промежуточной аттестации

Схема доставки : Базовая

Вид мероприятия промежуточной аттестации : Экзамен

Способ проведения мероприятия промежуточной аттестации : Оценка по дисциплине в рамках промежуточной аттестации определяется на основе баллов, набранных обучающимся на контрольных мероприятиях, проводимых в течение учебного периода.

Максимальное количество баллов : 100

Конвертация баллов в отметки

«отлично» - от 81 до 100

«хорошо» - от 61 до 80

«удовлетворительно» - от 50 до 60

«неудовлетворительно» / «незачтено» менее 50 балла

Компетенция (индикатор)	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
ПК.1.1 Использует геодезические методы и средства дистанционного зондирования для изучения динамики изменения поверхности Земли	Подсистемы ГНСС Защищаемое контрольное мероприятие	Студент усвоил навыки сбора пространственных данных с использованием портативных приемников GPS и ГЛОНАСС, их конвертации в форматы, используемые в ГИС; оценки точности полученных данных
ПК.1.1 Использует геодезические методы и средства дистанционного зондирования для изучения динамики изменения поверхности Земли	Организация ГНСС-измерений и их обработки Защищаемое контрольное мероприятие	Студент освоил навыки сбора пространственных данных с помощью ГНСС-приемника системы высокоточного позиционирования в статическом режиме и в движении; способен производить конвертацию данных в форматы, используемые в ГИС.
ПК.1.1 Использует геодезические методы и средства дистанционного зондирования для изучения динамики изменения поверхности Земли	Подготовка к итоговому контрольному мероприятию Итоговое контрольное мероприятие	Студент усвоил знания из теоретических разделов курса, знает физические основы работы систем глобального позиционирования (GNSS), основные существующие и проектируемые GNSS (GPS, ГЛОНАСС, Galileo) и их отличия, типы спутниковых приемников, концепции интеграции GNSS с другими геодезическими приборами, основы работы систем высокоточного позиционирования (СВТП) и области их применения.

Спецификация мероприятий текущего контроля

Подсистемы ГНСС

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **2 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы самостоятельной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **30**

Проходной балл: **15**

Показатели оценивания	Баллы
На основе этих данных построен геоморфологический профиль долины р.Мулянка, оценена плановая и высотная точность полученного профиля.	10
Работа выполнена в соответствии с требованиями Технического Задания. Получены маршрутные точки и трек в формате GPX, выполнена их конвертация формат шейп-файла, данные совмещены с космическим снимком сверхвысокого разрешения, на основе этих данных построен геоморфологический профиль долины р.Мулянка, оценена плановая и высотная точность полученного профиля.	10
Полученные пространственные данные конвертированы в формат шейп-файла и совмещены с космическим снимком сверхвысокого разрешения.	5
Получены маршрутные точки и трек в формате GPX, записанные в память навигатора.	5

Организация ГНСС-измерений и их обработки

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **2 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы самостоятельной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **30**

Проходной балл: **15**

Показатели оценивания	Баллы
Студент успешно провел измерения координат точек местности с помощью ГНСС-приемника системы высокоточного позиционирования в движении.	10
Студент успешно провел измерения координат точек местности с помощью ГНСС-приемника системы высокоточного позиционирования в статическом режиме.	10
Проведена оценка точности измерений, ошибки соответствуют допускам.	5
Студент успешно произвел конвертацию полученных данных измерений в форматы, используемые в ГИС.	5

Подготовка к итоговому контрольному мероприятию

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **2 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы самостоятельной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **40**

Проходной балл: **20**

Показатели оценивания	Баллы
Студент знает основы работы систем высокоточного позиционирования (СВТП) и области их применения, и способен применять эти знания на практике.	10
Студент способен самостоятельно производить сбор пространственных данных с помощью систем спутникового позиционирования, их конвертацию и интеграцию с другими	10

пространственными данными.	
Студент знает физические основы работы систем глобального позиционирования (GNSS), основные существующие и проектируемые GNSS (GPS, ГЛОНАСС, Galileo) и их отличия.	10
Студент знает типы и особенности спутниковых приемников, концепции интеграции GNSS с другими геодезическими приборами.	10