

КОПИЯ

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

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

**Кафедра картографии и геоинформатики**

Авторы-составители: **Пьянков Сергей Васильевич**  
**Шихов Андрей Николаевич**

Рабочая программа дисциплины

**СПУТНИКОВЫЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ**

Код УМК 90501

Утверждено  
Протокол №38  
от «07» сентября 2016 г.

Пермь, 2016

## **1. Наименование дисциплины**

Спутниковые системы и технологии позиционирования

## **2. Место дисциплины в структуре образовательной программы**

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

Направление: **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.19** способность к планированию организационно-технических мероприятий по совершенствованию средств и методов производства топографо-геодезической и аэрофотогеодезической продукции

#### 4. Объем и содержание дисциплины

<b>Направления подготовки</b>	21.03.03 Геодезия и дистанционное зондирование (направленность: Дистанционное зондирование)
<b>форма обучения</b>	очная
<b>№№ триместров, выделенных для изучения дисциплины</b>	7
<b>Объем дисциплины (з.е.)</b>	3
<b>Объем дисциплины (ак.час.)</b>	108
<b>Контактная работа с преподавателем (ак.час.), в том числе:</b>	42
<b>Проведение лекционных занятий</b>	14
<b>Проведение лабораторных работ, занятий по иностранному языку</b>	28
<b>Самостоятельная работа (ак.час.)</b>	66
<b>Формы текущего контроля</b>	Защищаемое контрольное мероприятие (2) Итоговое контрольное мероприятие (1)
<b>Формы промежуточной аттестации</b>	Зачет (7 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 псевдодалности. Уравнение засечки по псевдодалности. 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 экзамену**

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 аудиторные 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 лекция эффективно помогает ему овладеть программным материалом благодаря расстановке преподавателем необходимых акцентов и удержанию внимания интонационными модуляциями голоса, а также подключением аудио-визуального механизма восприятия информации. Кроме того, во время лекции имеет место прямой визуальный и эмоциональный контакт обучающегося с преподавателем, обеспечивающий более полную реализацию воспитательной компоненты обучения.

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 и учитываются при аттестации студента.

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

При самостоятельной работе обучающимся следует использовать:

- рабочие тетради;
- 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;
- методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

## 8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

### Основная:

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. Быховский М. А. Развитие телекоммуникаций. На пути к информационному обществу. (Развитие спутниковых телекоммуникационных систем): Учебное пособие для вузов/Быховский М. А.- Москва: Горячая линия - Телеком, 2014, ISBN 978-5-9912-0405-7.-440. <http://www.iprbookshop.ru/25084>
3. Каула У. Спутниковая геодезия. Теоретические основы/У. Каула ; ред. Н. П. Грушинский ; пер. с англ. П. П. Медведев.-Москва: Мир, 1970.-172.
4. Лабораторный практикум по дисциплине «Космическая метеорология». Часть 1. Спутниковая метеорология. Учебник.-Санкт-Петербург: Российский государственный гидрометеорологический университет, 2013. Лабораторный практикум по дисциплине «Космическая метеорология». Часть 1. Спутниковая метеорология/Говердовский В. Ф..-2013.-227, ISBN 978-5-86813-232-2 <http://www.iprbookshop.ru/17924>

### Дополнительная:

1. 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 ; М-во образования и науки РФ, Федер. агентство по образованию, Рос. гос. гидрометеорол. ун-т.-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

## **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:

Образовательный процесс по дисциплине предполагает использование следующего программного обеспечения и информационных справочных систем:

1. ГНСС-приемники GARMIN.
2. Базовая станция и приемники системы высокоточного позиционирования.
3. Лицензионное программное обеспечение компании ESRI.
4. Лицензионное программное обеспечение компании СканЭкс.
5. Архив космических снимков, цифровых топографических карт.

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

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

1. Лаборатория «Межрегионального центра космического мониторинга Пермского края», включая базовую станцию и приемники системы высокоточного позиционирования.
2. Персональные компьютеры с установленным лицензионным программным обеспечением.
3. ГНСС-приемники GARMIN.
4. Периодическая и учебная литература, находящаяся в архиве кафедры.
5. ППК Toshiba для работы преподавателей.

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

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

Компетенция	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
<p><b>ПК.19</b> способность к планированию организационно-технических мероприятий по совершенствованию средств и методов производства топографо-геодезической и аэрофотогеодезической продукции</p>	<p>Знать: 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</p> <p>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, производить измерения с помощью системы высокоточного позиционирования.</p> <p>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</p>	<p align="center"><b>Неудовлетворител</b></p> <p>Не знает физические основы работы GNSS, основные существующие и проектируемые GNSS (GPS, ГЛОНАСС, Galileo) и их отличия, типы спутниковых приемников, основы работы СВТП</p> <p>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</p> <p>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"><b>Удовлетворительн</b></p> <p>Имеет общее представление о физических основах работы GNSS, о существующих и проектируемых GNSS (GPS, ГЛОНАСС, Galileo) и их отличиях, типах спутниковых приемников, основах работы СВТП.</p> <p>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> <p>Владеет отдельными элементами технологи сбора пространственных данных с помощью</p>

Компетенция	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
	<p>картографических материалов в GNSS-приемники, совмещения с векторными слоями и космическими снимками в ПО ГИС.</p>	<p><b>Удовлетворительн</b>  систем глобального позиционирования; конвертации данных, конвертации данных и их представления в ГИС.</p> <p><b>Хорошо</b>  Хорошо ориентируется в физических основах работы GNSS, 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.  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  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><b>Отлично</b>  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, и способен применять эти знания на практике. Способен самостоятельно производить</p>

Компетенция	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
		<p style="text-align: center;"><b>Отлично</b></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 :** Зачет

**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	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
<b>ПК.19</b> способность к планированию организационно-технических мероприятий по совершенствованию средств и методов производства топографо-геодезической и аэрофотогеодезической продукции	Подсистемы ГНСС <b>Защищаемое контрольное мероприятие</b>	Студент усвоил навыки сбора пространственных данных с использованием портативных приемников GPS и ГЛОНАСС, их конвертации в форматы, используемые в ГИС; оценки точности полученных данных
<b>ПК.19</b> способность к планированию организационно-технических мероприятий по совершенствованию средств и методов производства топографо-геодезической и аэрофотогеодезической продукции	Организация ГНСС-измерений и их обработки <b>Защищаемое контрольное мероприятие</b>	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.

Компетенция	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
<b>ПК.19</b> способность к планированию организационно-технических мероприятий по совершенствованию средств и методов производства топографо-геодезической и аэрофотогеодезической продукции	Подготовка к экзамену <b>Итоговое контрольное мероприятие</b>	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 аудиторной работы**

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

Проходной балл: **15**

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

#### Организация ГНСС-измерений и их обработки

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

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной 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 статическом режиме.	10
Студент успешно провел измерения координат точек местности с помощью ГНСС-приемника системы высокоточного позиционирования в движении.	10

Студент успешно произвел конвертацию полученных данных измерений в форматы, используемые в ГИС.	5
Проведена оценка точности измерений, ошибки соответствуют допускам.	5

### Подготовка к экзамену

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 физические основы работы систем глобального позиционирования (GNSS), основные существующие и проектируемые GNSS (GPS, ГЛОНАСС, Galileo) и их отличия.	10
Студент способен самостоятельно производить сбор пространственных данных с помощью систем спутникового позиционирования, их конвертацию и интеграцию с другими пространственными данными.	10
Студент знает основы работы систем высокоточного позиционирования (СВТП) и области их применения, и способен применять эти знания на практике.	10
Студент знает типы и особенности спутниковых приемников, концепции интеграции GNSS с другими геодезическими приборами.	10