

## Космические навигационные системы

*Лектор: д.ф.-м.н., профессор Жаров Владимир Евгеньевич  
(кафедра небесной механики, астрометрии и гравиметрии физического факультета МГУ)*

*Логинов Александр Васильевич (вед.прогр. лаборатории гравиметрии ГАИШ МГУ)*

Код курса:	
Статус:	По выбору
Аудитория:	специальный
Семестр:	11
Трудоёмкость:	3 з.е.
Лекций:	32 часа
Семинаров:	32 часа
Практ. занятий:	
Отчётность:	зачет
Начальные компетенции:	С-ОНК-1, С-ОНК-4, С-ОНК-5, С-ОНК-6
Приобретаемые компетенции:	С-СК-3, С-ИК-3, С-ПК-1, С-ПК-2, С-ПК-4

### Аннотация курса

Курс является специальным курсом. Главной задачей курса является объяснение теоретических и физико-технических основ глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС), современных методов позиционирования с целью определения координат объектов, а также методов сбора, систематизации, обработки и интерпретации пространственно-временной информации для решения задач астрометрии, геодинамики и гравиметрии. В курсе излагаются принципы построения систем GPS и ГЛОНАСС, дается описание системных характеристик, подсистем космических аппаратов, наземного контроля и управления и навигационной аппаратуры пользователей. Дается описание пакетов обработки Bernese, Gamit.

### Образовательные технологии

Лекции читаются с использованием современных мультимедийных возможностей и проекционного оборудования.

### Логическая и содержательно-методическая взаимосвязь с другими частями ООП

Курс является продолжением общих курсов «Небесная механика», «Астрометрия» и специальных курсов «Практическая небесная механика», «Вращение Земли», «Методы определения орбит», поскольку в нем идет речь об использовании ГНСС для построения систем координат, сличении шкал времени, о координатных измерениях и измерениях времени на Земле и околоземном пространстве.

### Дисциплины и практики, для которых освоение данного курса необходимо как предшествующего

Курсы «Сферическая астрономия», «Небесная механика», «Радиофизика», «Методы определения орбит», «Практическая небесная механика»

### Основные учебные пособия, обеспечивающие курс

1. ГЛОНАСС. Принципы функционирования. Под ред. А.И.Петрова, В.Н.Харисова. Изд.3-е, М.: Радитехника, 2005.
2. Яценков В.С.. Основы спутниковой навигации. М.: Горячая линия-Телеком, 2005.
3. Одуан К., Гино Б. Измерение времени. Основы GPS. М.: Техносфера. 2002.
4. GNSS – Global Navigation Satellite Systems. GPS, GLONASS, Galileo, and more. Hofmann-Wellenhof, B., Lichtenegger, H., Wasle, E. Springer, 2008.

**Основные учебно-методические работы, обеспечивающие курс**

**Основные научные статьи, обеспечивающие курс**

**Контроль успеваемости**

Жаров В.Е. Время. Большая Российская энциклопедия. 2006. Т.6. С.24.

Куимов К.В., Жаров В.Е. Астрономическая навигация, Земля и Вселенная, «Наука», 2008, т. 5, с. 3-15.

1. Beutler G, Mueller II, Neilan RE (1994) The international GPS service for geodynamics: development and start of official service on January 1, 1994. Bull Geod 68:39–70

2. Ge M, Gendt G, Rothacher M, Shi C, Liu J (2008) Resolution of GPS carrier-phase ambiguities in precise point positioning (PPP) with daily observations. J Geod 82(7):389–399. doi:10.1007/s00190-007-0187-4

3. Bykhanov E. (1999) Timing and Positioning with GLONASS and GPS. GPS Solutions, V. 3, Issue 1, pp 26-31

**Промежуточная аттестация** проводится на 8 неделе в форме коллоквиума с оценкой. Критерии формирования оценки – уровень знаний пройденной части курса.

**Текущая аттестация** проводится еженедельно. Критерии формирования оценки – посещаемость занятий, активность студентов на лекциях, уровень подготовки к семинарам.

### **Программа курса**

Курс делится на шесть частей.

В первой части излагается история развития радионавигации, дается определение измеряемых параметров, описываются основные методы позиционирования (дальномерный, псевдодальномерный, разностно-дальномерные методы), а также приводится терминология, применяемая в ГНСС.

Во второй части рассматриваются общие принципы функционирования ГНСС и функциональный состав ГНСС: космический сегмент, сегмент наземного контроля и управления и сегмент пользователей, определяются системы отсчета времени, системы координат, используемые в ГНСС, а также методы их преобразования.

Третья часть курса посвящена физическим основам спутниковых навигационных систем GPS и ГЛОНАСС: дается описание структуры радиосигналов, принципов формирования кодовых последовательностей, структуры навигационного сообщения, принципов работы приемников, методов выделения сигналов и отождествления спутников.

Четвертая часть курса посвящена вопросам спутниковой дальнометрии, излагаются принципы первичной обработки сигналов и извлечения информации, излагаются методы учета вклада тропосферы и ионосферы в задержку радиосигналов.

В пятой части курса рассматриваются основные способы определения координат на основе кодовых и фазовых измерений, методы вычисления вторых разностей, дается понятие о методах исключения фазовых неоднозначностей.

В шестой части курса рассматривается применение программного обеспечения для решения задачи позиционирования, уравнивания сетей наземных станций, рассматривается структура пакетов обработки Bernese, Gamit, их особенности и методы применения.

На семинарах студентам предлагается решение различных задач с помощью пакета Bernese.