

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МЭИ»

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по научной работе

Драгунов В.К.

« 16 » июня 2015 г.

Программа аспирантуры

Направление 11.06.01 Электроника, радиотехника и системы связи

Направленность (специальность) 05.12.14 Радиолокация и радионавигация

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины по выбору

«Аппаратура потребителей спутниковых радионавигационных систем»

Индекс дисциплины по учебному плану: Б1.В.ДВ.1.3

Всего: 108 часов

Семестр 1, в том числе	6 часов – контактная работа, 84 часа – самостоятельная работа, 18 часов – контроль
------------------------	--

Программа составлена на основе федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (уровень подготовки кадров высшей квалификации) по направлению подготовки 11.06.01 Электроника, радиотехника и системы связи, утвержденного приказом министерства образования и науки РФ от 30 июля 2014 № 878, и паспорта специальности 05.12.14 Радиолокация и радионавигация, номенклатуры специальностей научных работников, утвержденной приказом Минобрнауки России от 25 февраля 2009 г. № 59.

## **ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

**Цель** изучения дисциплины состоит в изучении принципов построения и функционирования спутниковых радионавигационных систем (СРНС) для последующего использования в их проектировании.

**Задачами** дисциплины являются:

- сформировать знания, навыки и умения, позволяющие самостоятельно применять методы анализа СРНС и отдельных ее подсистем;
- анализировать физические процессы, происходящие в системах и устройствах СРНС.

В процессе освоения дисциплины **формируются следующие компетенции:**

### **I. Универсальные компетенции**

– способность проектировать и осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные, на основе целостного системного научного мировоззрения с использованием знаний в области истории и философии науки (УК-2);

– готовность участвовать в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач (УК-3).

### **II. Общепрофессиональные компетенции**

– владение методологией теоретических и экспериментальных исследований в области профессиональной деятельности (ОПК-1).

### III. Профессиональные компетенции

– способность разрабатывать эффективные алгоритмы решения научных задач (ПК-1).

## **ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБРАЗОВАНИЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

В результате освоения дисциплины обучающийся должен демонстрировать следующие результаты образования:

### ***Знать:***

- общие принципы построения и функционирования СРНС (УК-2, УК-3, ОПК-1, ПК-1);
- сигналы и требования, предъявляемые к характеристикам сигналов, используемых в СРНС (УК-2, УК-3, ОПК-1, ПК-1);
- методы навигационно-временных измерений (УК-2, УК-3, ОПК-1, ПК-1);
- влияние внешних факторов, определяющих точность измерений (УК-2, УК-3, ОПК-1, ПК-1);
- принципы построения и структурные схемы аппаратуры потребителей (УК-2, УК-3, ОПК-1, ПК-1);

### ***Уметь:***

- применять методы определения местоположения с помощью СРНС (УК-2, УК-3, ОПК-1, ПК-1);
- анализировать требования, предъявляемые потребителем к навигационной аппаратуре при решении различных практических задач (УК-2, УК-3, ОПК-1, ПК-1);
- оценивать погрешности навигационных измерений (УК-2, УК-3, ОПК-1, ПК-1);

- использовать информацию о новых технических решениях и новых видах навигационной аппаратуры при последующей разработке подсистем СРНС (УК-2, УК-3, ОПК-1, ПК-1).

***Владеть:***

- методами оптимизации аппаратуры радионавигационных систем и комплексов (УК-2, УК-3, ОПК-1, ПК-1);
- навыками моделирования навигационной аппаратуры потребителей (УК-2, УК-3, ОПК-1, ПК-1).

## **КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛОВ ДИСЦИПЛИНЫ**

1. Назначение АП СРНС. Обобщенная функциональная схема АП СРНС. Принципы работы АП: антенна, радиочастотный блок, первичная и вторичная обработка. Антенна АП, характеристики антенны: диаграмм направленности поляризация. Предварительный МШУ: назначение характеристики. Коэффициент шума. Радиочастотный блок: обобщенная структурная схема, основные характеристики. Радиочастотный блок в совмещенной АП. Аналого-цифровой преобразователь. Синтезатор частот: принципы построения, основные характеристики. План частот АП.

2. Принципы построения и структура коррелятора. Цифровой генератор гармонического сигнала. Цифровой генератор дальномерного кода. Обнаружение сигналов: алгоритмы обнаружения, статистические характеристики обнаружения. Поиск сигналов по задержке и частоте, характеристики поиска. Современные требования к времени выдачи первого навигационного решения. Оценка требуемого количества параллельных корреляторов. Способы снижения аппаратных затрат на реализацию многоканальных корреляторов. Система слежения за фазой сигнала: структурная схема ССФ, дискриминаторы, следящий фильтр. Система слежения за частотой сигнала: структурная схема ССЧ, дискриминаторы, следящий фильтр. Система слежения за задержкой сигнала: структурная схема ССЧ, дискриминаторы, следящий фильтр.

3. Демодуляция навигационных данных. Помехоустойчивое кодирование. Декодирование навигационных данных: алгоритм декодирования демодуляции, статистические характеристики декодирования. Решение навигационной задачи методом наименьших квадратов. Геометрический фактор. Алгоритм решения навигационной задачи в форме расширенного фильтра Калмана. Фильтр для сглаживания вторичных оценок аппаратуры потребителей СРНС. Учёт вектора скорости потребителя. Контроль целостности СРНС в АП: общие принципы, алгоритмы, статистические характеристики.

4. Оценка помехоустойчивости НАП СРНС. Зависимость помехоустойчивости от полосы навигационного радиосигнала. Методы повышения помехоустойчивости. Погрешности первичных оценок — псевдодалности, псевдоскорости. Погрешности вторичных оценок — координат, вектора скорости, смещения шкалы времени. Классы аппаратуры потребителей СРНС. Требования к аппаратуре различных классов.

## **ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБРАЗОВАНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины: 1 семестр – дифференцированный зачет.

### **Вопросы для самоконтроля и для проведения зачета**

1. Назначение НАП СРНС. Обобщённая функциональная схема НАП СРНС. Принципы работы НАП: антенна, радиочастотный блок, первичная и вторичная обработка.

2. Антенна НАП, характеристики антенны: диаграмма направленности, поляризация. Предварительный МШУ: назначение, характеристики. Коэффициент шума. Радиочастотный блок: обобщённая структурная схема, основные характеристики. Радиочастотный блок совмещённой НАП.

3. Аналогово-цифровой преобразователь. Синтезатор частот: принципы построения, основные характеристики. План частот НАП.

4. Принципы построения и структура коррелятора. Цифровой генератор гармонического сигнала. Цифровой генератор дальномерного кода.

5. Обнаружение сигналов: алгоритмы обнаружения, статистические характеристики обнаружения.

6. Поиск сигнала по частоте и задержке. Характеристики поиска, быстрый поиск сигнала.

7. Система слежения за фазой сигнала: структурная схема ССФ, дискриминаторы, следящий фильтр.

8. Система слежения за частотой: структурная схема ССЧ, дискриминаторы, следящий фильтр.

9. Система слежения за задержкой сигнала: структурная схема ССЗ, дискриминаторы, следящий фильтр.

10. Система слежения за задержкой с поддержкой от ФАП. Комплексный следящий фильтр.

11. Демодуляция навигационного сообщения: алгоритм демодуляции, статистические характеристики.

12. Декодирование навигационных данных. Алгоритм декодирования, статистические характеристики декодирования.

14. Вторичная обработка измерений. Одношаговый алгоритм решения навигационной задачи.

15. Вторичная обработка информации. Фильтрационный алгоритм решения навигационной задачи.

16. Контроль целостности СРНС в НАП: общие принципы, алгоритмы, статистические характеристики.

Критерии оценки за освоение дисциплины определены в Инструктивном письме И-23 от 14 мая 2012 г.

## **Рекомендуемая литература**

### **Основная литература:**

1. ГЛОНАСС. Принципы построения и функционирования, Под ред. А.И. Перова, В.Н. Харисова – М.: Радиотехника, 2010.

2. Вейцель А.В., Вейцель В.А., Татарников Д.В. Аппаратура высокоточного позиционирования по сигналам глобальных навигационных спутниковых систем: приемники-потребители навигационной информации – М.: МАИ-Принт, 2010.

3. Вейцель А.В., Вейцель В.А., Татарников Д.В. Аппаратура высокоточного позиционирования по сигналам глобальных навигационных спутниковых систем: высокоточные антенны. Специальные методы повышения точности позиционирования – М.: МАИ-Принт, 2010.

4. Перов А.И. Основы построения спутниковых радионавигационных систем. – М.: Радиотехника, 2012.

5. Поваляев А.А. Спутниковые радионавигационные системы. – М: Радиотехника, 2008.

**Дополнительная литература:**

6. Перов А.И., Замолотчиков В.Н., Чиликин В.М. Радиоавтоматика. – М.: Радиотехника, 2014.

7. Саватеев Ю.И. Оптимальный прием сигналов на фоне помех и шумов. – М.: Радиотехника, 2011.

8. Сосулин Ю.Г., Костров В.В., Паршин Ю.Н. Оценочно-корреляционная обработка сигналов и компенсация помех. – М.: Радиотехника, 2014.

9. Misra P., Enge P. Global Positioning System. Signals, measurements and performance. 2-d edition. Ganga-Jamuna Pres, 2012.

10. Borre K., Strang G. Algorithms for Global Positioning. WELLESLEY-CAMBRIDGE PRESS, 2012.