Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого»
Институт электронных и информационных систем

Кафедра радиосистем

УТВЕРЖДАЮ
Директор ИЭИС
_____ С.И.Эминов
«25» 04 2017 г.

СПУТНИКОВЫЕ РАДИОНАВИГАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ

Учебный модуль по направлению подготовки
11.04.01 -Радиотехника
Профиль – Системы и устройства передачи, приема и обработки сигналов

Квалификация: Магистр
Рабочая программа

СОГЛАСОВАНО
Начальник учебного отдела
_____ О.Б. Широколобова
«25» 04 2017 г.

Разработал
профессор кафедры РС
_____ П.Е.Быстров
«23» 04. 2017 г.

Принято на заседании кафедры РС
Протокол №111 от 4.05 2017 г.
Заведующий кафедрой РС _____ И.Н.Жукова

1 Цели и задачи учебного модуля

Спутниковые радионавигационные системы (СРНС), наряду с системами мобильной связи, стали неотъемлемой частью человеческой деятельности. Технологии спутникового координатно-временного обеспечения используются в различных технических системах, быту, науке и образовании. Знание теории и принципов построения спутниковых радионавигационных систем позволяет расширить кругозор магистров с области разработки, производства и эксплуатации аппаратуры потребителей СРНС ГЛОНАСС.

Целью учебного модуля (УМ) является формирование компетентности студентов в области построения радиоэлектронных устройств и систем, использующих технологии спутникового координатно-временного обеспечения.

Для достижения поставленной цели при освоении УМ осуществляется подготовка магистра к решению следующих профессиональных задач:

- знакомство с общими принципами построения СРНС;
- изучение методов решения навигационных задач;
- разработка математических моделей, компьютерное моделирование элементов СРНС;

2 Место учебного модуля в структуре ОП направления подготовки

Учебный модуль БП.ВВ.1.1 «Спутниковые навигационные системы» модулем по выбору Блока 1 направления подготовки 11.04.04 «Радиотехника» магистерской программы «Системы и устройства передачи, приема и обработки сигналов».

Для изучения модуля используются знания, полученные при изучении учебных дисциплин и модулей бакалавриата, а также навыки, полученные при изучении модулей магистерской подготовки.

Знания и умения, полученные при изучении данного модуля могут быть использованы при подготовке выпускной квалификационной работы (магистерской диссертации).

3 Требования к результатам освоения учебного модуля

Процесс изучения УМ направлен на формирование профессиональных проектно-конструкторских компетенций:

- способностью проектировать радиотехнические устройства, приборы, системы и комплексы с учетом заданных требований (ПК-8)

В результате освоения УМ студент должен знать, уметь и владеть:

Код компетенции	Уровень освоения компетенции	Знать	Уметь	Владеть
ПК-8	повышенный	теоретических основ проектирования и разработки радиотехнических устройств, приборов, систем и комплексов соответствуют требованиям профессионального стандарта «Инженер-радиоэлектронщик»	применять нормативные документы (ГОСТы, ТУ и т.д.) в процессе проектирования и разработки радиотехнических устройств, приборов, систем и комплексов соответствует требованиям профессионального стандарта «Инженер-радиоэлектронщик»	навыками проектирования и разработки радиотехнических устройств, приборов, систем и комплексов с использованием информационных соответствует требованиям профессионального стандарта «Инженер-радиоэлектронщик»

4 Структура и содержание учебного модуля

4.1 Трудоемкость учебного модуля

Учебная работа (УР)	Всего	Распределение по семестрам	Коды формируемых компетенций
		2 сем.	
Трудоемкость модуля в зачетных единицах (ЗЕ)	6	6	ПК-8
Распределение трудоемкости по видам УР в академических часах (АЧ):	216	216	
- лекции	9	9	
- практические занятия	36	36	
- лабораторные работы	-	-	
- в т.ч. аудиторная СРС	9	9	
- внеаудиторная СРС	171	171	
Аттестация: - экзамен			

4.2 Содержание и структура разделов учебного модуля

1.1 **Общие принципы построения спутниковых радионавигационных систем**

Структура спутниковых радионавигационных систем. Шкалы времени. Траекторное движение навигационных спутников.

1.2 **Методы решения навигационных задач.**

Дальномерный метод. Псевдо дальномерный метод. Разностно-дальномерный метод и псевдо разностно-дальномерный метод. Радиально-скоростной (доплеровский) метод. Псевдо радиально-скоростной (псевдо доплеровский) метод. Разностно-радиально-скоростной метод.

1.3 **Радиосигналы и навигационные сообщения в спутниковых радионавигационных системах**

Требования, предъявляемые к радиосигналам в СРНС. Фазоманипулированные сигналы: М-последовательности, последовательности Голда, последовательности Касами. Фазоманипулированные сигналы с модуляцией на поднесущих частотах. Сравнительный анализ потенциальной точности оценки задержки сигналов с различными законами фазовой манипуляции. Навигационные сообщения в СРНС. Модуляция радиосигнала навигационным сообщением. Синхронизация в приемнике сигналов СРНС.

1.4 **Методы и алгоритмы обработки сигналов и извлечения навигационной информации**

Поиск сигналов по задержке и частоте. Общие принципы построения следящих систем в аппаратуре спутниковой навигации. Навигационный приемник с двухэтапной обработкой сигналов. Формирование оценок информационных процессов на основе следящих систем. Когерентная и некогерентная обработка сигналов в приемнике. Синтез дискриминаторов следящих систем. Выделение навигационного сообщения. Синтез сглаживающих фильтров. Алгоритмы вторичной обработки. Одноэтапная обработка сигналов в приемниках СРНС. Прием сигналов в условиях многолучевости.

1.5 **Источники погрешностей и точность навигационно-временных определений в СРНС.**

Составляющие погрешности определения псевдо дальности. Составляющие погрешности определения псевдо скорости. Влияние среды рапространения на параметры сигнала. Влияние релятивистских и гравитационных эффектов. Погрешности, вносимые навигационным приемником. Методы снижения погрешностей определения псевдо дальности псевдо скорости.

1.6 **Помехоустойчивость аппаратуры потребителей**

Методы оценки помехоустойчивости навигационного приемника. Анализ внутрисистемных помех при использовании различных типов навигационных сигналов с кодовым разделением. Анализ воздействия различного типа помех на навигационную аппаратуру потребителя, работающую по различным типам навигационных сигналов с кодовым разделением.

1.7 **Спутниковые радионавигационные системы ГЛОНАСС и GPS**

Общие сведения о спутниковых радионавигационных системах ГЛОНАСС и GPS. Наземный сегмент. Подсистема космических аппаратов. Дифференциальные режимы.

1.8 **Аппаратура потребителей**.

Принципы построения аппаратуры потребителей. Антенна навигационного приемника. Радиоприемник. Аналого-цифровой преобразователь. Опорный генератор и синтезатор частот. Многоканальный коррелятор. Алгоритм первичной обработки сигналов. Алгоритм вторичной обработки информации. Использование оптимальных алгоритмов обработки сигналов и информации в аппаратуре потребителей.

1.9 **Направления совершенствования системы ГЛОНАСС.**

Концепция развития навигационных сигналов ГНС ГЛОНАСС. Частотный план для сигналов с кодовым разделением. Навигационные сигналы L3OC и L1OC с модуляцией BOC.

Календарный план, наименование разделов учебного модуля с указанием трудоемкости по видам учебной работы представлены в технологической карте учебного модуля (приложение Б).

4.3 Организация изучения учебного модуля

Методические рекомендации по организации изучения УМ с учетом использования в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения учебных занятий даются в Приложении А.

5 Контроль и оценка качества освоения учебного модуля

Контроль качества освоения студентами УМ и его составляющих осуществляется непрерывно в течение всего периода обучения с использованием балльно-рейтинговой системы (БРС), являющейся обязательной к использованию всеми структурными подразделениями университета.

Для оценки качества освоения модуля используются формы контроля: текущий – регулярно в течение всего семестра, рубежный – на 9 неделе семестра, и семестровый (в виде экзамена) – по окончании изучения УМ.

Рубежная аттестация на 9 неделе проводится по результатам рубежного контроля. Пороговому уровню соответствует **63** баллов, максимальное количество баллов – **125**.

На экзамен выносятся вопросы и задания по всем учебным элементам. Максимальное количество баллов, получаемое на экзамене, – **50**. Максимальное количество баллов по модулю – **300**.

Содержание видов контроля и их график отражены в технологической карте учебного модуля (Приложение Б). Паспорта компетенций представлены в приложении В.

Оценка качества освоения модуля осуществляется с использованием фонда оценочных средств, разработанного для данного модуля, по всем формам контроля в соответствии с положением «О фонде оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации студентов и итоговой аттестации выпускников» от 25.06.2013. В качестве оценочных средств на протяжении семестра используются: разноуровневые задачи моделирования процессов научных исследований и экзаменационные билеты.

6 Учебно-методическое и информационное обеспечение

Учебно-методическое и информационное обеспечение учебного модуля представлено Картой учебно-методического обеспечения (Приложение Г).

7 Материально-техническое обеспечение учебного модуля

Для осуществления образовательного процесса по модулю используется лекционная аудитория, оборудованная мультимедийными средствами.

Приложения (обязательные):

А – Методические рекомендации по организации изучения учебного модуля

Б – Технологическая карта

В – Паспорта компетенций

Г – Карта учебно-методического обеспечения УМ

Приложение А
(обязательное)

Методические рекомендации по организации изучения учебного модуля «Спутниковые навигационные системы»

Учебный модуль «Спутниковые навигационные системы» содержит девять учебных элементов (разделов). В рамках модуля предусмотрены практические занятия.

В таблице А.1 отражены разделы модуля, технологии и формы проведения занятий, задания по самостоятельной работе студента и ссылки на необходимую литературу. Содержание разделов представлено в п. 4.2 рабочей программы модуля.

А.1 Методические рекомендации по теоретической части учебного модуля

Теоретическая часть модуля направлена на формирование системы знаний о спутниковых навигационных системах. Основное содержание теоретической части излагается преподавателем на лекциях, а также усваивается студентом при знакомстве с дополнительной литературой, которая предназначена для более глубокого овладения знаниями основных дидактических единиц соответствующего раздела и указана в таблице А.1. Рекомендуется осуществлять текущий контроль освоения теоретического материала путем обсуждения пройденного материала и в ходе постановки задачи лабораторного практикума.

Экзамен по УМ содержит только теоретическую часть. Теоретическая часть проводится в форме устных ответов на вопросы билета.

Пример вопросов экзаменационного билета:

1 Разностно-дальномерный и псевдо разностно-дальномерный метод.

2 Алгоритм первичной обработки сигналов аппаратуры потребителя.

А.2 Методические рекомендации по практическим работам

Цель работ – формирование у студентов умений и навыков компьютерного моделирования алгоритмов формирования и обработки навигационных сообщений. Лабораторные работы выполняются в виде комплексного индивидуального задания по одному из теоретических разделов.

Компьютерный практикум строится следующим образом:

- 20% аудиторного времени отводится на осуждение пройденного теоретического материала, и лежащего в основе работы, объяснение выполнения задания;
- 70% аудиторного времени – самостоятельное выполнение работы студентами;
- 10% аудиторного времени в конце текущего занятия – разбор типовых ошибок.

Примерный перечень тем заданий:

1. Разработка программной модели по преобразованию координат в навигационных системах.
2. Моделирование траектории невозмущенного движения навигационного спутника в инерциальной системе координат.
3. Решение навигационной задачи дальномерным методом.
4. Решение навигационной задачи псевдо дальномерным методом.
5. Решение задачи ориентации потребителя с помощью СРНС.
6. Формирование последовательности Голда,
7. Формирование последовательности Кассами.
8. Исследование ФМ сигналов с модуляцией поднесущих.
9. Алгоритм обработки СРНС-сигнала с поиском по двум параметрам.

А.3 Методические рекомендации по самостоятельной работе студентов

Аудиторная и внеаудиторная самостоятельная работа студентов включает в себя изучение дополнительной литературы, разработку программных моделей для исследования алгоритмов формирования и обработки навигационных сообщений и подготовку к экзамену.

А.4 Вопросы к экзамену

1 Структура спутниковых радионавигационных систем.
2 Дальномерный и псевдо дальномерный методы решения навигационной задачи.
3 Разностно-дальномерный метод и псевдо разностно-дальномерный метод решения навигационной задачи.
4 Радиально-скоростной (доплеровский) и псевдо радиально-скоростной (псевдо доплеровский) методы решения навигационной задачи.
5 Требования, предъявляемые к радиосигналам в СРНС. Фазоманипулированные сигналы: М-последовательности, последовательности Голда, последовательности Касами.
6 Фазоманипулированные сигналы с модуляцией на поднесущих частотах. Сравнительный анализ потенциальной точности оценки задержки сигналов с различными законами фазовой манипуляции.
7 Навигационные сообщения в СРНС. Модуляция радиосигнала навигационным сообщением. Синхронизация в приемнике сигналов СРНС.
8 Поиск сигналов по задержке и частоте. Общие принципы построения следящих систем в аппаратуре спутниковой навигации.
9 Навигационный приемник с двухэтапной обработкой сигналов.
10 Формирование оценок информационных процессов на основе следящих систем. Когерентная и некогерентная обработка сигналов в приемнике.
11 Синтез дискриминаторов следящих систем. Выделение навигационного сообщения. Синтез сглаживающих фильтров.
12 Алгоритмы вторичной обработки. Одноэтапная обработка сигналов в приемниках СРНС. Прием сигналов в условиях многолучевости.
13 Погрешности навигационно-временных определений.
14 Методы оценки помехоустойчивости навигационного приемника. Анализ внутрисистемных помех при использовании различных типов навигационных сигналов с кодовым разделением.
15 Анализ воздействия различного типа помех на навигационную аппаратуру потребителя, работающую по различным типам навигационных сигналов с кодовым разделением.
16 Спутниковые радионавигационные системы ГЛОНАСС и GPS. Наземный сегмент. Подсистема космических аппаратов. Дифференциальные режимы.
17 Принципы построения аппаратуры потребителей. Антенна навигационного приемника. Радиоприемник. Аналого-цифровой преобразователь. Опорный генератор и синтезатор частот. Многоканальный коррелятор.
18 Алгоритм первичной обработки сигналов.
19 Алгоритм вторичной обработки информации.
20 Частотный план для сигналов с кодовым разделением. Навигационные сигналы L3OC и L1OC с модуляцией BOC.

Пример экзаменационного билета

Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого
Кафедра радиосистем
Экзаменационный билет № 1

Дисциплина «Спутниковые радионавигационные системы»
Для учебный модуля по направлению 11.04.01- Радиотехника

1. Структура глобальных спутниковых систем.
2. Синтез дискриминаторов следящих систем. Выделение навигационного сообщения. Синтез сглаживающих фильтров.

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой РС _____

Таблица А.1 - Организация изучения учебного модуля

Раздел модуля	Технология и форма проведения занятий	Задания на СРС	Дополнительная литература и интернет-ресурсы
1. Общие принципы построения спутниковых радионавигационных систем	– вводная лекция – лабораторные занятия	– изучение дополнительной литературы – выполнение задания	1 ГОСТ 52928 -2008 Система спутниковая навигационная глобальная. Термины и определения. 2 ГОСТ Р 52865 – 2009 Параметры радионавигационного поля. Технические требования и методы испытаний. 3 ГЛОНАСС. Принципы построения и функционирования / Под ред. А.И.Перова, В.Н.Харисова. Изд. 4-е, перераб. И доп. – М.: Радиотехника, 2010. - 800с. 4 Яценков В.С. Основы спутниковой навигации. Системы GPS NAVSTAR и ГЛОНАСС. – М.: Горячая линия – Телеком, 2005. -272с.
2. Методы решения навигационных задач.	– информационная лекция – компьютерный практикум		
3. Радиосигналы и навигационные сообщения в спутниковых радионавигационных системах	– информационная лекция – компьютерный практикум		
4. Методы и алгоритмы обработки сигналов и извлечения навигационной информации	– информационная лекция – компьютерный практикум		
5. Источники погрешностей и точность навигационно-временных определений в СРНС.	– информационная лекция – компьютерный практикум		
6. Помехоустойчивость аппаратуры потребителей	– информационная лекция – компьютерный практикум		
7. Спутниковая радионавигационная система ГЛОНАСС	– информационная лекция – компьютерный практикум		
8. Аппаратура потребителей.	– информационная лекция – компьютерный практикум		
9. Направления совершенствования системы ГЛОНАСС.	– информационная лекция – компьютерный практикум		

Приложение Б
(обязательное)

Технологическая карта
учебного модуля «Спутниковые навигационные системы»
семестр – 2, ЗЕ – 6, вид аттестации – экзамен, акад.часов – 216, баллов рейтинга – 300

№ и наименование раздела учебного модуля, КП/КР	№ нед. сем.	Трудоемкость, ак.час					Форма текущего контроля успеваемости (в соответствии с паспортом ФОС)	Максим. кол-во баллов рейтинга
		Аудиторные занятия				СРС		
		ЛЕК	ПЗ	ЛР	АСРС			
1. Общие принципы построения спутниковых радионавигационных систем	1-2	1	4		1	15	компьютерный практикум	25
2. Методы решения навигационных задач.	3-4	1	4		1	15	компьютерный практикум	25
3. Радиосигналы и навигационные сообщения в спутниковых радионавигационных системах	5-6	1	4		1	15	компьютерный практикум	25
4.Методы и алгоритмы обработки сигналов и извлечения навигационной информации	7-8	1	4		1	15	компьютерный практикум	25
5.Источники погрешностей и точность навигационно-временных определений в СРНС.	9-10	1	4		1	15	компьютерный практикум	25
6.Помехоустойчивость аппаратуры потребителей	11-12	1	4		1	15	компьютерный практикум	25
7. Спутниковая радионавигационные системы ГЛОНАСС и GPS	13-14	1	4		1	15	компьютерный практикум	25
8 .Аппаратура потребителей.	15-16	1	4		1	15	компьютерный практикум	25
9. Направления совершенствования системы ГЛОНАСС.	17-18	1	4		1	15	компьютерный практикум	25
Семестровый контроль	сессия					**36**	экзамен	**50**
Итого:		**9**	**36**		**9**	**171**		**300**

Критерии оценки качества освоения студентами модуля (в соответствии с Положением «О фонде оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации студентов и итоговой аттестации выпускников» от 25.06.2013 № 9):

- оценка «удовлетворительно» – от 180 до 209 баллов
- оценка «хорошо» – от 210 до 269 баллов
- оценка «отлично» – от 270 до 300 баллов

Приложение В
(обязательное)

Паспорт компетенций

- способностью проектировать радиотехнические устройства, приборы, системы и комплексы с учетом заданных требований (ПК-8)

Уровни	Показатели	Оценочная шкала		
		3	**4**	**5**
Повышенный уровень	**Знания** теоретических основ проектирования и разработки радиотехнических устройств, приборов, систем и комплексов соответствуют требованиям профессионального стандарта «Инженер-радиоэлектронщик»	Испытывает трудности при объяснении теоретических основ проектирования и разработки радиотехнических устройств, приборов, систем и комплексов	Недостаточно четко объясняет теоретические основы проектирования и разработки радиотехнических устройств, приборов, систем и комплексов	Четко объясняет теоретические основы проектирования и разработки радиотехнических устройств, приборов, систем и комплексов
	Умение применять нормативные документы (ГОСТы, ТУ и т.д.) в процессе проектирования и разработки радиотехнических устройств, приборов, систем и комплексов соответствует требованиям профессионального стандарта «Инженер-радиоэлектронщик»	Слабо ориентируется в вопросах применения нормативных документов (ГОСТы, ТУ и т.д.) в процессе проектирования и разработки	Допускает ошибки применения нормативных документов (ГОСТы, ТУ и т.д.) в процессе проектирования и разработки	Адекватно применяет нормативные документы (ГОСТы, ТУ и т.д.) в процессе проектирования и разработки
	Владение навыками проектирования и разработки радиотехнических устройств, приборов, систем и комплексов с использованием информационных соответствует требованиям профессионального стандарта «Инженер-радиоэлектронщик»	Испытывает затруднения при разработке технического задания на проектирование и разработку использованием информационных технологий	Допускает неточности при реализации этапов проектирования и разработки использованием информационных технологий	Способен самостоятельно выполнить этапы проектирования и разработки с использованием информационных технологий

Приложение Г
(обязательное)

Карта учебно-методического обеспечения

Модуля «Спутниковые радионавигационные системы»

Направление (специальность) _11.04.04 Радиотехника

Формы обучения очная

Курс 1 Семестр 2
Часов**:** всего 216, лекций 9 практ. зан. 36, лаб.раб.0, СРС 171
Обеспечивающая кафедра _РС_

Таблица 1- Обеспечение модуля учебными изданиями

Библиографическое описание* издания (автор, наименование, вид, место и год издания, кол. стр.)	Кол. экз. в библ. НовГУ	Наличие в ЭБС
Учебники и учебные пособия		
Соловьев Ю.А. Системы спутниковой навигации. - М. : Эко-Трендз, 2000. - 267с. : ил. - (Инженерная энциклопедия ТЭК). –	3	
Щербинин В. В.Построение инвариантных корреляционно-экстремальных систем навигации и наведения летательных аппаратов / В. В. Щербинин. - М. : Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2011. - 230, [2] с.	2	
Введение в спутниковые радионавигационные системы : учеб. Пособие Сост. Н.Е.Быстров, И. Н.Жукова; НовГУ им. Ярослава Мудрого. – Великий Новгород, 2016 – 91 с. Режим доступа: https://novsu.bibliotech.ru/Reader/BookPreview/-2561		
Учебно-методические издания		
1 Спутниковые радионавигационные системы [электронный ресурс]: рабочая программа учебного модуля для направления 11.03.01 – «Радиотехника» /Сост. Н.Е.Быстров; НовГУ им. Ярослава Мудрого. – Великий Новгород, 2017 – 15 с. Режим доступа: http://novsu.ru.		

Таблица 2 – Информационное обеспечение модуля

Название программного продукта, интернет-ресурса	Электронный адрес	Примечание
1 **LabVIEW** в научных исследованиях	www.labview.ru	
2**Денисов В.П., Дудко Б.П.** Радиотехнические системы. — Томск: ТУСУР 2012 г.— 334 с. — Электронное издание. — ISBN TUSUR073	http://ibooks.ru/reading.php?productid=28000&search_string	

Таблица 3 – Дополнительная литература

Библиографическое описание* издания (автор, наименование, вид, место и год издания, кол. стр.)	Кол. экз. в библ. НовГУ	Наличие в ЭБС
Введение в теорию и технику обработки сигналов в радиолокационных системах[электронный ресурс]: учеб. особие /Сост. Н.Е.Быстров, И. Н.Жукова ; НовГУ им. Ярослава Мудрого. – Великий Новгород, 2017 – 185 с. Режим доступа: https://novsu.bibliotech.ru/Reader/BookPreview/-2566		

Действительно для учебного года 2017/2018

Заведующий кафедрой РС _Жукова И.Н.

СОГЛАСОВАНО

НБ НовГУ: гл. библиотек. Новгородский государственный университет им. Ярослава Мудрого Научная библиотека Сектор учета Данилина Н.Г