

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова»
(БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова)

УТВЕРЖДАЮ
 Декан факультета

 (подпись) Суслин А. В.
 ФИО
 «___» _____ 20__

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ СПУТНИКОВЫЕ НАВИГАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ

Направление/специальность подготовки	17.05.01 Боеприпасы и взрыватели
Специализация/профиль/программа подготовки	Взрыватели
Уровень высшего образования	Специалитет
Форма обучения	Очная
Факультет	Е Оружие и системы вооружения
Выпускающая кафедра	Е6 АВТОНОМНЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ И УПРАВЛЯЮЩИЕ СИСТЕМЫ
Кафедра-разработчик рабочей программы	Е6 АВТОНОМНЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ И УПРАВЛЯЮЩИЕ СИСТЕМЫ

КУРС	СЕМЕСТР	ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ (ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦ)	ЧАСЫ (по наличию видов занятий)									ВИД ПРОМЕЖУТОЧНОГО КОНТРОЛЯ
			ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ	АУДИТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ				САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА				
				ВСЕГО	ЛЕКЦИИ	ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ	ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ	ВСЕГО	КУРСОВОЙ ПРОЕКТ	КУРСОВАЯ РАБОТА	ДРУГИЕ ВИДЫ САМОСТ. РАБОТЫ	
5	10	3	108	51	34	0	17	57	0	0	57	зач.

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА СОСТАВЛЕНА В СООТВЕТСТВИИ С ТРЕБОВАНИЯМИ ФЕДЕРАЛЬНОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО СТАНДАРТА ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ (ФГОС ВО)**

17.05.01 Боеприпасы и взрыватели

год набора группы: 2024

Программу составил:

Кафедра Е6 АВТОНОМНЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ И
УПРАВЛЯЮЩИЕ СИСТЕМЫ _____

Иванцевич Наталия Вячеславовна, д.т.н., старший научный сотрудник,
профессор

Программа рассмотрена
на заседании кафедры-разработчика
рабочей программы **Е6 АВТОНОМНЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ И УПРАВЛЯЮЩИЕ СИСТЕМЫ**

Заведующий кафедрой Егоренков Л.С., к.т.н., снс _____

Программа рассмотрена
на заседании выпускающей кафедры

Е6 АВТОНОМНЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ И УПРАВЛЯЮЩИЕ СИСТЕМЫ

Заведующий кафедрой Егоренков Л.С., к.т.н., снс _____

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ СПУТНИКОВЫЕ НАВИГАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ

Разделы рабочей программы

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО
3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ
5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Приложения к рабочей программе дисциплины

- Приложение 1. Аннотация рабочей программы
- Приложение 2. Технологии и формы обучения
- Приложение 3. Фонды оценочных средств

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ПСК-14 — способность проектировать и конструировать взрыватели различного назначения
ПСК-15 — способность демонстрировать знания принципов действия взрывателей и их функционирования

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

ПСК-14

знания:

принципов, методов и идеи, на которых основано функционирование спутниковых радионавигационных систем ГЛОНАСС и GPS;

физических законов и закономерностей, лежащих в основе формирования, излучения, распространения и приема радиосигналов космических радиолиний;

умения:

выполнять расчёты эфемерид ИСЗ по данным альманаха ГЛОНАСС;

оценивать составляющие погрешностей навигационных определений в стандартном режиме местоопределений;

выполнять простейшие расчеты вероятностных характеристик рабочих зон навигационных искусственных спутников Земли (ИСЗ);

навыки:

работы с научно-технической литературой и учебными пособиями;

обобщение, сопоставление и систематизация данных.

ПСК-15

знания:

о моделях движения искусственных спутников земли и функционирования вычислительных алгоритмов аппаратуры потребителя спутниковых навигационных систем и их использования в навигационных системах летательных аппаратов и автономных информационных и управляющих систем;

умения:

применять изученные законы, принципы и методы для анализа физических процессов в космических навигационных радиолиниях и при оценке их помехозащищенности;

навыки:

решение расчетных задач с использованием компьютерных технологий.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **СПУТНИКОВЫЕ НАВИГАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ** является дисциплиной **части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1**, программы подготовки по направлению *17.05.01 Боеприпасы и взрыватели*.

Содержание дисциплины является логическим продолжением дисциплин: **ВЫСШАЯ МАТЕМАТИКА, РАДИОФИЗИКА, ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ЭЛЕКТРОНИКА, ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ПРОГРАММИРОВАНИЕ, МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ В МЕХАНИКЕ, ОСНОВЫ ТЕОРИИ ПОМЕХОЗАЩИЩЕННОСТИ, ТЕОРИЯ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ БЛИЖНЕЙ РАДИОЛОКАЦИИ.**

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **ПРЕДДИПЛОМНАЯ ПРАКТИКА, ВЫПОЛНЕНИЕ, ПОДГОТОВКА К ПРОЦЕДУРЕ ЗАЩИТЫ И ЗАЩИТА ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ.**

Предварительные компетенции, сформированные у обучающегося до начала изучения дисциплины:

- ОПК-10 — Способен применять методы математического анализа, моделирования и системного проектирования, теоретического и экспериментального исследования для решения инженерных задач проектирования, производства и испытания оружия и систем вооружения
- ОПК-2 — Способен самостоятельно применять приобретенные математические, естественнонаучные, социально-экономические и профессиональные знания для решения инженерных задач
- ОПК-3 — Способен понимать сущность и значение информации в развитии современного информационного общества, осознавать опасность и угрозы, возникающие в процессе этого развития, соблюдать основные требования информационной безопасности, в том числе защиты государственной тайны
- ОПК-6 — Способен использовать в инженерной деятельности методы, способы и средства получения, хранения, переработки информации с использованием современных информационных технологий
- ОПК-8 — Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности
- ПК-94 — способен к управлению информацией и данными, поиску источников информации и данных, восприятию, анализу, запоминанию и передаче информации с использованием цифровых средств, а также с помощью алгоритмов при работе с полученными из различных источников данными с целью эффективного использования полученной информации для решения задач
- ПСК-14 — Способен проектировать и конструировать взрыватели различного назначения
- ПСК-15 — Способен демонстрировать знания принципов действия взрывателей и их функционирования
- ПСК-18 — Способен демонстрировать знания способов передачи информации на взрыватели в процессе их боевого применения

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 ч.

3.1. Содержание (дидактика) дисциплины

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме			Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %	
				ВСЕГО	Лекции	Практические занятия		ПСК-14	ПСК-15
5	10	Раздел 1. Математические основы построения спутниковых навигационных систем. 1.1 Принципы построения и особенности сетевых спутниковых РНС. 1.2 Сеть ИСЗ в ССРНС. Параметры орбит спутников систем GPS и ГЛОНАСС. 1.3 Рабочие зоны и время видимости навигационных спутников. 1.4 Системы координат. Согласование начал отсчета пространственных и временной координат. 1.5 Определение навигации. Дальномерный способ навигации. Понятие навигационной задачи. 1.6 Решение навигационной задачи. Линеаризация нелинейной системы алгебраических уравнений второго порядка. 1.7 Решение избыточной системы алгебраических уравнений второго порядка методом наименьших квадратов 1.8 Точность определения координат при одномоментных измерениях по элементарному созвездию спутников.	58	25	16	9	33	45	45
5	10	Раздел 2. Радиотехнические основы построения спутниковых навигационных систем. 2.1 Общие требования к сигналам в СРНС. 2.2 Статистическая модель радионавигационного канала СРНС. 2.3 Структура излучаемых сигналов ИСЗ. 2.4 Формат данных, передаваемых по радионавигационным сигналам ГЛОНАСС. 2.5 Принцип обработки спутникового сигнала в навигационном приемнике. 2.6 Помехи в СРНС и методы борьбы с ними.	33	17	12	5	16	40	40
5	10	Раздел 3. Направления совершенствования навигационного поля ССРНС ГЛОНАСС. 3.1 Недостатки, присущие спутниковым навигационным системам второго поколения. Федеральная целевая программа по развитию и модернизации ГЛОНАСС. 3.2 Функциональные дополнения спутниковых систем и их классификация. 3.3 Особенности реализации локальных функциональных дополнения на основе псевдоспутников.	17	9	6	3	8	15	15
Всего за 10 семестр			108	51	34	17	57	100	100
Всего по дисциплине			108	51	34	17	57	100	100

3.2. Аудиторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема практического занятия	Объем, ауд. часов
1	Раздел 1. Математические основы построения спутниковых навигационных систем.	Сеть ИСЗ в ССРНС.	1
2		Рабочие зоны и время видимости навигационных спутников.	1
3		Решение навигационной задачи.	1
4		Параметры орбит спутников систем GPS и ГЛОНАСС.	1
5		Перевод геодезической системы в геоцентрическую.	1
6		Исследование основных характеристик зон радиовидимости спутников ГЛОНАСС.	1
7		Расчет вероятности того, что в зоне радиовидимости потребителя ССРНС ГЛОНАСС будут находиться только спутники с двух (трёх) орбит.	1
8		Линеаризация нелинейной системы алгебраических уравнений второго порядка.	1
9		Решение избыточной системы алгебраических уравнений второго порядка методом наименьших квадратов.	1
10	Раздел 2. Радиотехнические основы построения спутниковых навигационных систем.	Статистическая модель радионавигационного канала СРНС.	1
11		Способы обработки спутникового сигнала в навигационном приёмнике (реферат).	1
12		Анализ влияния трассы распространения радиосигналов на точность навигационных определений: рефракционные погрешности и погрешности многолучевости (реферат).	1
13		Принцип неопределённости в радиолокации (реферат).	1

14		Статистические критерии обнаружения и измерения параметров радиосигналов и их применение в ССРНС (реферат).	1
15	Раздел 3. Направления совершенствования навигационного поля ССРНС ГЛОНАСС.	Особенности построения локальных функциональных дополнения (ФД) на основе псевдоспутников (реферат).	1
16		Преимущества и недостатки локальных ФД (реферат).	1
17		Особенности навигационного поля ПС (реферат).	1
Всего за 10 семестр			17

3.3. Самостоятельная работа студента (СРС)

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Содержание учебного задания	Объем, часов
1	Раздел 1. Математические основы построения спутниковых навигационных систем.	Поиск литературы. Изучение конспекта лекций.	3
2		Освоение понятий об инерциальной системе координат, об углах Эйлера.	3
3		Освоение понятий широты, долготы и высоты в геодезической системе координат.	3
4		Пересчет координат из геодезической системы в геоцентрическую систему координат.	3
5		Проработка основных понятии и определении астрономии в части законов Кеплера.	3
6		Решение навигационной задачи.	3
7		Определение членов ряда Тейлора - вычисление частных производных по добавкам к каждой из координат.	3
8		Освоение метода наименьших квадратов на примере решения навигационной задачи.	3
9		Линеаризация нелинейной системы алгебраических уравнений второго порядка.	3
10		Итерационный процесс решения в виде определения добавок к априорно выбранным значениям координат.	3
11		Осознание физического смысла уравнений возмущенного движения в геоцентрической подвижной системе координат.	3
12	Раздел 2. Радиотехнические основы построения спутниковых навигационных систем.	Подготовка к реферату: Анализ влияния трассы распространения радиосигналов на точность навигационных определений.	4
13		Подготовка к реферату: Погрешности многолучевости в СРНС и методы борьбы с ними.	4
14		Подготовка к реферату: Статистические критерии обнаружения и измерения параметров радиосигналов и их применение в ССРНС.	4
15		Подготовка к реферату: Принцип неопределённости в радиолокации.	4
16	Раздел 3. Направления совершенствования навигационного поля ССРНС ГЛОНАСС.	Изучение принципов построения функциональных дополнений спутниковых навигационных систем.	5
17		Подготовка к реферату: Локальнге функциональные дополнения на основе псевдоспутников.	3
Всего за 10 семестр			57

4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

СЕМЕСТР	НЕДЕЛИ СЕМЕСТРА																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
10					ЗДЧ	ДР			Реф	ДР				Реф		ДР	Вопр. Зач, зач.

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- ЗДЧ – задачи;
- Реф – реферат;
- Вопр. Зач – вопросы к зачету;
- зач. – зачет.

Текущий контроль успеваемости студентов проводится в дискретные временные интервалы в следующих формах:

- диагностическая работа;
- задачи;
- реферат;
- вопросы к зачету.

Промежуточная аттестация проводится в формах:

- зачет.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1. Основная литература по дисциплине:

1. А. М. Сомов, С. Ф. Корнев. . Спутниковые системы связи. Москва: Горячая линия-Телеком, 2018, эл. рес.
2. В. С. Шебшаевич, П. П. Дмитриев, Н. В. Иванцевич. . Сетевые спутниковые радионавигационные системы. М.: Радио и связь, 1993, эл. рес.
3. Е. Б. Волков, В. З. Дворкин, А. И. Прокудин. . Технические основы эффективности ракетных систем. М.: Машиностроение, 1990, 27 экз.
4. М. Р. Богданов. . Применения GPS/ГЛОНАСС. Долгопрудный: Интеллект, 2012, 15 экз.
5. Р. В. Бакитько, Е. Н. Болденков, Н. Т. Булавский. . ГЛОНАСС. Принципы построения и функционирования. М.: Радиотехника, 2010, эл. рес.

5.2. Дополнительная литература по дисциплине:

не требуется.

5.3. Периодические издания:

не требуются.

5.4. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины, электронные библиотечные системы:

1. <http://urait.ru> — Образовательная платформа «Юрайт». Для вузов и ссузов.;
2. <http://library.voenmeh.ru> — Фундаментальная библиотека БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова;
3. <http://e.lanbook.com> — ЭБС Лань;
4. <http://www.tnt-ebook.ru> — TNT-EBOOK - Электронно-библиотечная система;
5. <http://ibooks.ru> — ЭБС Айбукс.ру - это большой выбор актуальной литературы для вашей библиотеки в электронном виде.

Современные профессиональные базы данных:

1. <https://rusneb.ru> – Национальная электронная библиотека (НЭБ);
2. <https://cyberleninka.ru/> - Научная электронная библиотека «Киберленинка»;
- <http://www.rfbr.ru/rffi/ru/library> - Полнотекстовая электронная библиотека Российского фонда фундаментальных исследований.

Информационные справочные системы:

1. Техэксперт – Информационный портал технического регулирования: Нормы, правила, стандарты РФ;
2. http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=457 - БД ГОСТов собственной генерации БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова;
3. <http://www.consultant.ru/>- КонсультантПлюс- информационный портал правовой информации.

5.5. Программное обеспечение:

1. DjVuReader;
2. 7-Zip;
3. PTC Mathcad Prime 5.0;
4. Microsoft Office;
5. Adobe Reader.

5.6. Информационные технологии:

взаимодействие с обучающимися посредством ЭИОС Moodle БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова.

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Лекционные занятия:

специализированные требования по оборудованию отсутствуют; аудитория с посадочными местами по количеству студентов; доска.

6.2. Практические занятия:

1. Проектор;
2. Интерактивная доска;
3. DjVuReader;
4. 7-Zip;
5. PTC Mathcad Prime 5.0;
6. Microsoft Office;
7. Adobe Reader.

6.3. Прочее:

1. рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет;
2. рабочие места студентов, оснащенные компьютерами с доступом в Интернет, предназначенные для работы в электронной образовательной среде.

Аннотация рабочей программы

Дисциплина **СПУТНИКОВЫЕ НАВИГАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ** является дисциплиной **части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1**, программы подготовки по направлению *17.05.01 Боеприпасы и взрыватели*. Дисциплина реализуется на факультете *Е Оружие и системы вооружения* БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова кафедрой *Е6 АВТОНОМНЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ И УПРАВЛЯЮЩИЕ СИСТЕМЫ*.

Дисциплина нацелена на формирование *компетенций*:

ПСК-14 способность проектировать и конструировать взрыватели различного назначения;

ПСК-15 способность демонстрировать знания принципов действия взрывателей и их функционирования.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с построением и использованием сетевых спутниковых радионавигационных систем (ССРНС). Основное внимание уделяется изучению: принципов орбитального построения и функционирования ССРНС и аппаратуры потребителей спутниковой навигации, функциональных дополнений систем спутниковой навигации; современных методов навигационно-временных определений (НВО) и обработки сигналов в спутниковых радионавигационных системах; применения технологии спутниковой навигации для решения прикладных народнохозяйственных и оборонных задач; направлений совершенствования отечественной системы ГЛОНАСС.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

Текущий контроль успеваемости студентов проводится в дискретные временные интервалы в следующих формах:

- диагностическая работа;
- задачи;
- реферат;
- вопросы к зачету.

Промежуточная аттестация проводится в формах:

- зачет.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет **3 з.е., 108 ч.** Программой дисциплины предусмотрены лекционные занятия (**34 ч.**), практические занятия (**17 ч.**), самостоятельная работа студента (**57 ч.**).

ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 108 ч., из них 51 ч. аудиторных занятий, и 57 ч., отведенных на самостоятельную работу студента.

Рекомендации по распределению учебного времени по видам самостоятельной работы и разделам дисциплины приведены в таблице.

Контроль освоения дисциплины производится в соответствии с Положением о текущем, рубежном контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся.

Формы контроля и критерии оценивания приведены в приложении 3 к Рабочей программе.

Наименование работы	Рекомендуемая литература	Трудоемкость, час.
Раздел 1. Математические основы построения спутниковых навигационных систем.		
Поиск литературы. Изучение конспекта лекций.	А. М. Сомов, С. Ф. Корнев. . Спутниковые системы связи: Москва: Горячая линия-Телеком, 2018 (Выборочно по темам) Е. Б. Волков, В. З. Дворкин, А. И. Прокудин. . Технические основы эффективности ракетных систем: М.: Машиностроение, 1990 (Выборочно по темам) В. С. Шебшаевич, П. П. Дмитриев, Н. В. Иванцевич. . Сетевые спутниковые радионавигационные системы: М.: Радио и связь, 1993 (Глава 3, страницы 40-64) М. Р. Богданов. . Применения GPS/ГЛОНАСС: Долгопрудный: Интеллект, 2012 (Главы 2, 3, страницы 19-60) Р. В. Бакитько, Е. Н. Болденков, Н. Т. Булавский. . ГЛОНАСС. Принципы построения и функционирования: М.: Радиотехника, 2010 (Глава 3, страницы 40-64)	3
Освоение понятий об инерциальной системе координат, об углах Эйлера.		3
Освоение понятий широты, долготы и высоты в геодезической системе координат.		3
Пересчет координат из геодезической системы в геоцентрическую систему координат.		3
Проработка основных понятии и определении астрономии в части законов Кеплера.		3
Решение навигационной задачи.		3
Определение членов ряда Тейлора - вычисление частных производных по добавкам к каждой из координат.		3
Освоение метода наименьших квадратов на примере решения навигационной задачи.		3
Линеаризация нелинейной системы алгебраических уравнений второго порядка.		3
Итерационный процесс решения в виде определения добавок к априорно выбранным значениям координат.		3
Осознание физического смысла уравнений возмущенного движения в геоцентрической подвижной системе координат.	3	
Итого по разделу 1		33
Раздел 2. Радиотехнические основы построения спутниковых навигационных систем.		
Подготовка к реферату: Анализ влияния трассы распространения радиосигналов на точность навигационных определений.	В. С. Шебшаевич, П. П. Дмитриев, Н. В. Иванцевич. . Сетевые спутниковые радионавигационные системы: М.: Радио и связь, 1993 (Глава 5, страницы 59-72)	4
Подготовка к реферату: Погрешности многолучевости в СРНС и методы борьбы с ними.	Р. В. Бакитько, Е. Н. Болденков, Н. Т. Булавский. . ГЛОНАСС. Принципы построения и	4

Подготовка к реферату: Статистические критерии обнаружения и измерения параметров радиосигналов и их применение в ССРНС.	функционационирования: М.: Радиотехника, 2010 (Глава 7, страницы 272-284)	4
Подготовка к реферату: Принцип неопределённости в радиолокации.		4
Итого по разделу 2		16
Раздел 3. Направления совершенствования навигационного поля ССРНС ГЛОНАСС.		
Изучение принципов построения функциональных дополнений спутниковых навигационных систем.	В. С. Шебшаевич, П. П. Дмитриев, Н. В. Иванцевич. . Сетевые спутниковые радионавигационные системы: М.: Радио и связь, 1993 (Глава 20, страницы 292-309)	5
Подготовка к реферату: Локальные функциональные дополнения на основе псевдоспутников.	Р. В. Бакитько, Е. Н. Болденков, Н. Т. Булавский. . ГЛОНАСС. Принципы построения и функционирования: М.: Радиотехника, 2010 (Глава 12, страницы 440-482)	3
Итого по разделу 3		8

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд оценочных средств, позволяющие оценить результаты обучения по данной дисциплине, включают в себя:

- диагностическая работа
- задачи;
- реферат;
- вопросы к зачету;
- зачет.

Критерии оценивания

Диагностическая работа

Диагностическая работа проводится в форме теста в ЭИОС Moodle:

- при правильном ответе менее чем на 60% вопросов - не аттестация;
- при правильном ответе на 60% вопросов и более - аттестация.

Задачи

Ориентировочный перечень задач.

1. Рассчитать вероятность того, что в зоне радиовидимости (ЗРВ) потребителя (П), расположенного в случайной точке на поверхности Земли, в случайный момент времени находится навигационный искусственный спутник Земли (НИСЗ) СРНС ГЛОНАСС с номером 1. Рабочими углами возвышения НИСЗ над горизонтом П считать ≥ 10 град. Баллистическая группировка ГЛОНАСС следующая: 3 орбиты, по 8 НИСЗ на каждой; орбиты – круговые; высота орбиты спутника $H_c = 19\ 100$ км. Радиус Земли принять $R_3 = 6\ 371,2$ км.
2. Рассчитать вероятность того, что в зоне радиовидимости (ЗРВ) потребителя (П), расположенного в случайной точке на поверхности Земли, в случайный момент времени находится навигационный искусственный спутник Земли (НИСЗ) СРНС ГЛОНАСС с номером 1 или с номером 5. Рабочими углами возвышения НИСЗ над горизонтом П считать ≥ 10 град. Баллистическая группировка ГЛОНАСС следующая: 3 орбиты, по 8 НИСЗ на каждой; орбиты – круговые; высота орбиты спутника $H_c = 19\ 100$ км. Радиус Земли принять $R_3 = 6\ 371,2$ км.
3. Рассчитать вероятность того, что в зоне радиовидимости (ЗРВ) потребителя (П), расположенного в случайной точке на поверхности Земли, в случайный момент времени находится навигационный искусственный спутник Земли (НИСЗ) СРНС ГЛОНАСС с номером 2. Рабочими углами возвышения НИСЗ над горизонтом П считать ≥ 10 град. Баллистическая группировка ГЛОНАСС следующая: 3 орбиты, по 8 НИСЗ на каждой; орбиты – круговые; высота орбиты спутника $H_c = 19\ 100$ км. Радиус Земли принять $R_3 = 6\ 371,2$ км.
4. Рассчитать вероятность того, что в зоне радиовидимости (ЗРВ) потребителя (П), расположенного в случайной точке на поверхности Земли, в случайный момент времени находится навигационный искусственный спутник Земли (НИСЗ) СРНС ГЛОНАСС с номером 2 или с номером 6. Рабочими углами возвышения НИСЗ над горизонтом П считать ≥ 10 град. Баллистическая группировка ГЛОНАСС следующая: 3 орбиты, по 8 НИСЗ на каждой; орбиты – круговые; высота орбиты спутника $H_c = 19\ 100$ км. Радиус Земли принять $R_3 = 6\ 371,2$ км.
5. Рассчитать вероятность того, что в зоне радиовидимости (ЗРВ) потребителя (П), расположенного в случайной точке на поверхности Земли, в случайный момент времени находится навигационный искусственный спутник Земли (НИСЗ) СРНС ГЛОНАСС с номером 3. Рабочими углами возвышения НИСЗ над горизонтом П считать ≥ 10 град. Баллистическая группировка ГЛОНАСС следующая: 3 орбиты, по 8 НИСЗ на каждой; орбиты – круговые; высота орбиты спутника $H_c = 19\ 100$ км. Радиус Земли принять $R_3 = 6\ 371,2$ км.
6. Рассчитать вероятность того, что в зоне радиовидимости (ЗРВ) потребителя (П), расположенного в случайной точке на поверхности Земли, в случайный момент времени находится навигационный искусственный спутник Земли (НИСЗ) СРНС ГЛОНАСС с номером 3 или с номером 7. Рабочими углами возвышения НИСЗ над горизонтом П считать ≥ 10 град. Баллистическая группировка ГЛОНАСС следующая: 3 орбиты, по 8 НИСЗ на каждой; орбиты – круговые; высота орбиты спутника $H_c = 19\ 100$ км. Радиус Земли принять $R_3 = 6\ 371,2$ км.
7. Рассчитать вероятность того, что в зоне радиовидимости (ЗРВ) потребителя (П), расположенного в случайной точке на поверхности Земли, в случайный момент времени находится навигационный искусственный спутник Земли (НИСЗ) СРНС ГЛОНАСС с номером 4. Рабочими углами возвышения

НИСЗ над горизонтом П считать ≥ 10 град. Баллистическая группировка ГЛОНАСС следующая: 3 орбиты, по 8 НИСЗ на каждой; орбиты – круговые; высота орбиты спутника $H_c = 19\,100$ км. Радиус Земли принять $R_3 = 6\,371,2$ км.

8. Рассчитать вероятность того, что в зоне радиовидимости (ЗРВ) потребителя (П), расположенного в случайной точке на поверхности Земли, в случайный момент времени находится навигационный искусственный спутник Земли (НИСЗ) СРНС ГЛОНАСС с номером 4 или с номером 8. Рабочими углами возвышения НИСЗ над горизонтом П считать ≥ 10 град. Баллистическая группировка ГЛОНАСС следующая: 3 орбиты, по 8 НИСЗ на каждой; орбиты – круговые; высота орбиты спутника $H_c = 19\,100$ км. Радиус Земли принять $R_3 = 6\,371,2$ км.

И так далее, для второй и третьей орбит, всего 24 варианта.

Задачи повышенной сложности:

9. Найти вероятность того, что в зоне радиовидимости (ЗРВ) потребителя (П), расположенного в случайной точке на поверхности Земли, в случайный момент времени отсутствуют все навигационные искусственные спутники Земли (НИСЗ) СРНС ГЛОНАСС с одной орбиты, например, с номерами от 1 до 8. Рабочими углами возвышения НИСЗ над горизонтом П считать ≥ 10 град. Баллистическая группировка ГЛОНАСС следующая: 3 орбиты, по 8 НИСЗ на каждой; орбиты – круговые; высота орбиты спутника $H_c = 19\,100$ км. Радиус Земли принять $R_3 = 6\,371,2$ км.

10. Найти максимальное число навигационных искусственных спутников Земли (НИСЗ) СРНС ГЛОНАСС с одной (любой из трех) орбиты, которые могут быть в зоне радиовидимости (ЗРВ) потребителя (П), расположенного в случайной точке на поверхности Земли, в случайный момент времени. Баллистическая группировка ГЛОНАСС следующая: 3 орбиты, по 8 НИСЗ на каждой; орбиты – круговые; высота орбиты спутника $H_c = 19\,100$ км. Радиус Земли принять $R_3 = 6\,371,2$ км.

При большом числе студентов в группе предложенный перечень задач дополняется аналогичными задачами для СРНС GPS.

Реферат

Подготовка к реферату заключается в поиске литературы и составлении библиографии, использовании от 3 до 5 научных работ, изложении мнения авторов и своего суждения по выбранному вопросу; изложении основных аспектов проблемы в тексте реферата; оформлении реферата, презентационных материалов.

Процедура защиты реферата заключается в публичном выступлении докладчика с устной презентацией результатов и последующим групповым обсуждением, ответами на вопросы преподавателя и студентов, дополнениями по теме и обсуждением возможных применений доложенных результатов в конкретных разработках.

Требования, предъявляемые к обучающимся в ходе защиты, соответствуют требованиям, предъявляемым к публичным выступлениям при защите дипломных работ.

Перечень тем рефератов:

1. Основные критерии, учитываемые при проектировании системы спутниковой навигации, и их реализация в СРНС ГЛОНАСС.
2. Состав СРНС; основные подсистемы СРНС ГЛОНАСС, их назначение и функционирование.
3. Критерии по выбору орбит ССРНС; баллистическая структура ССРНС ГЛОНАСС, GPS, Compass, Galileo.
4. Устройство космического аппарата СРНС ГЛОНАСС; основные подсистемы и их функционирование.
5. Учет релятивистских эффектов в навигационной аппаратуре ССРНС.
6. Статистическая модель радионавигационного канала СРНС.
7. Статистические критерии обнаружения и измерения параметров радиосигналов и их применение в ССРНС.
8. Способы обработки спутникового сигнала в навигационном приемнике. Принцип неопределенности в радиолокации.
9. Помехи в спутниковых системах и методы борьбы с ними.
10. Анализ влияния трассы распространения радиосигналов на точность навигационных определений: рефракционные погрешности и методы их компенсации.
11. Погрешности многолучевости и методы борьбы с ними.
12. Дифференциальный режим.
13. Особенности построения локальных функциональных дополнения (ФД) на основе псевдоспутников (ПС). Преимущества и недостатки локальных ФД. Особенности навигационного поля ПС.

Основные требования к реферату:

Основные требования к реферату:

- объём не менее 12 страниц печатного текста (без учёта титульного листа, приложений, списка использованных источников и оглавления),
- обязательно включение в состав реферата 5-8 графических иллюстраций (рисунки, чертежи, слайды для демонстрации и т.п.),
- обязательно использование в процессе выполнения не менее трёх отечественных и одного зарубежного источников информации, опубликованных в последние 10 лет,
- остальные требования к оформлению согласно действующему на момент выполнения реферата внутреннему нормативному документу, регламентирующему содержание, оформление, организацию выполнения и защиту работы. При отсутствии выполняется согласно ГОСТ Р 2.105, ГОСТ 7.32, ГОСТ 2.701, ГОСТ 2.501.

Реферат не может быть принят и подлежит доработке в случае, если:

- оформление не соответствует действующему на момент выполнения реферата внутреннему нормативному документу, регламентирующему содержание, оформление, организацию выполнения и защиту работы. При отсутствии выполняется согласно ГОСТ 2.105 и ГОСТ 7.32.
- содержательная часть и выводы по результатам работы не соответствует заданию на выполнение реферата,
- отсутствует необходимый графический материал,
- приведённые результаты свидетельствуют о неправильной обработке результатов анализа состояния вопроса.

По результатам выполнения обучающимся реферата преподаватель производит оценку работы по четырёхбалльной системе. В случае, если ответы обучающегося во время защиты реферата соответствуют вышеуказанным требованиям, обучающийся получает максимальное количество баллов. Основаниями для снижения количества баллов в диапазоне от "отлично" до "неудовлетворительно" являются:

- небрежное выполнение,
- поверхностные, непродуманные ответы и выводы по результатам работы,
- неверные ответы на вопросы преподавателя.

При этом контрольное мероприятие считается успешно пройденным в случае получения обучающимся оценки не ниже, чем "удовлетворительно".

Вопросы к зачету

Ориентировочный список вопросов к зачёту.

1. Основные преимущества спутниковых радионавигационных систем второго поколения.
2. Элементы спутниковых радионавигационных систем второго поколения и их назначение.
3. Общие требования к баллистической структуре СРНС и их реализация в ГЛОНАСС.
4. Общие требования к баллистической структуре СРНС и их реализация в GPS.
5. Общие требования к сигналам СРНС и их реализация в ГЛОНАСС.
6. Общие требования к сигналам СРНС и их реализация в GPS.
7. Состав навигационных сообщений спутников системы ГЛОНАСС
8. Состав навигационных сообщений спутников системы GPS
9. Статистическая модель радиоканала пассивной СРНС.
10. Модели ионосферных погрешностей, используемые в СРНС
11. Модели тропосферных погрешностей
12. Эфемеридные и частотно-временные погрешности
13. Модель погрешностей измерителя РНП
14. Методы разделения излучений, применяемые в СРНС.
15. Недостатки СРНС второго поколения, выявленные в процессе эксплуатации, и пути их преодоления. Направления модернизации СРНС второго поколения.
16. Федеральная целевая программа по развитию и модернизации СРНС ГЛОНАСС.
17. Достигнутые результаты на пути модернизации СРНС ГЛОНАСС. Особенности сигналов спутников ГЛОНАСС – М.
18. Программа модернизации СРНС GPS. Современное состояние системы.
19. Особенности Европейской спутниковой радионавигационной системы Галилео. Два этапа развития системы и их основные характеристики.
20. Основные отличия СРНС Галилео от СРНС второго поколения ГЛОНАСС и GPS. Задачи системы и ее составные элементы. Сигналы и частотный план системы Галилео.
21. Функциональные дополнения глобальной навигационной спутниковой системы: назначение,

классификация, решаемые задачи.

22. Функциональные дополнения глобальной навигационной спутниковой системы. Широкозонные дифференциальные подсистемы (ШДПС), решаемые задачи. Особенности отечественного ШДПС, космический сегмент которого ориентирован на высокоэллиптические орбиты. Преимущества и недостатки такой системы.

23. Функциональные дополнения глобальной навигационной спутниковой системы. Зарубежные широкозонные дифференциальные подсистемы (ШДПС) WAAS, EGNOS, MSAS. Структура ШДПС, принципы построения и функционирования.

24. Функциональные дополнения глобальной навигационной спутниковой системы. Зарубежные широкозонные дифференциальные подсистемы (ШДПС) WAAS, EGNOS, MSAS: формат сигналов; рабочие зоны; ожидаемый эффект от введения поправок от ШДПС.

25. Региональные дифференциальные подсистемы (РДПС) Starfix, Skyfix; космические сегменты, зоны обслуживания, решаемые задачи.

26. Региональные дифференциальные подсистемы (РДПС). РДПС Eurofix: передающие станции системы, зоны обслуживания, диапазоны частот, скорость передачи информации. Преимущества системы Eurofix перед другими вариантами РДПС.

27. Региональные дифференциальные подсистемы (РДПС). РДПС на базе цепочек радиомаяков средневолнового диапазона. Принцип действия РДПС, зоны обслуживания, диапазоны частот, скорость передачи информации. Состояние работ по созданию РДПС на базе радиомаячных служб в России и за рубежом.

28. Локальные дифференциальные подсистемы (ЛДПС). Особенности морских ЛДПС. Принцип действия. Зона обслуживания.

29. Локальные дифференциальные подсистемы (ЛДПС). Требования, предъявляемые к геодезическим ЛДПС. Принцип действия. Зона обслуживания.

30. Локальные дифференциальные подсистемы (ЛДПС). Требования, предъявляемые к авиационным ЛДПС. Принцип действия. Зона обслуживания.

31. Локальные дифференциальные подсистемы (ЛДПС) на основе псевдоспутников (ПС).

Характеристики точности интегрированной системы ГЛОНАСС + сеть ПС. Факторы, влияющие на точность определения координат ЛА. Критерии выбора конфигурации сети ПС для посадки ЛА.

32. Локальные дифференциальные подсистемы (ЛДПС) на основе псевдоспутников (ПС). Возможности создания локального функционального дополнения на основе сети ПС для СРНС ГЛОНАСС современной баллистической структуры. Оценка требуемого количества ПС в сети.

33. Место космических систем в глобальных информационных системах XXI века. Отличительные особенности космических систем XX века. Возможные пути развития космических систем в составе глобальных информационных систем.

Зачет

По решению преподавателя основанием для получения зачёта является успешное и своевременное прохождение обучающимся всех видов контрольных мероприятий, предусмотренных рабочей программой дисциплины.

Вопросы к зачёту оформляются в виде билета. Билет включает в себя два теоретических вопроса и задачу.

Оценка «зачтено» выставляется обучающемуся, если: он знает основные определения, последователен в изложении материала, демонстрирует базовые знания дисциплины, владеет необходимыми умениями и навыками при выполнении практических заданий.

Оценка «не зачтено» выставляется обучающемуся, если: он не знает основных определений, непоследователен и сбивчив в изложении материала, не обладает определенной системой знаний по дисциплине, не в полной мере владеет необходимыми умениями и навыками при выполнении практических заданий.

Паспорт фонда оценочных средств

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме			Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %		НАИМЕНОВАНИЕ ОЦЕНОЧНОГО СРЕДСТВА
				ВСЕГО	Лекции	Практические занятия		ПСК-14	ПСК-15	
5	10	Раздел 1. Математические основы построения спутниковых навигационных систем.	58	25	16	9	33	45	45	Реферат, Задачи
5	10	Раздел 2. Радиотехнические основы построения спутниковых навигационных систем.	33	17	12	5	16	40	40	Реферат
5	10	Раздел 3. Направления совершенствования навигационного поля ССРНС ГЛОНАСС.	17	9	6	3	8	15	15	Реферат, Вопросы к зачету
Всего за 10 семестр			108	51	34	17	57	100	100	
Всего по дисциплине			108	51	34	17	57	100	100	

Критерии оценивания

ПСК-14

- Вопросы открытого типа:*
- № 1 Двухчастотный способ исключения ионосферной рефракционной погрешности используется при измерениях по ГЛОНАСС?
- № 2 Прообразом СРНС является ...
- № 3 Длина кадра цифровой информации, передаваемой по навигационным сигналам спутников СРНС, определяет
- № 4 Скорость передачи информации по навигационному сигналу СРНС ГЛОНАСС ... бит/с.
- № 5 Для решения навигационной задачи по двум системам, (ГЛОНАСС + BEIDOU), в зоне радиовидимости потребителя должны находиться не менее навигационных спутников
- № 6 Разделение излучений навигационных сигналов стандартной и высокой точности в КА BEIDOU ...
- № 7 Расшифруйте аббревиатуру WAAS
- № 8 Широкозонное функциональное дополнение, созданное Европейским Космическим Агентством, использует КА на ... орбитах
- № 9 Радиус рабочей зоны широкозонного функционального дополнения составляет ...
- № 10 Минимально допустимый угол возвышения навигационного спутника над горизонтом потребителя при решении навигационной задачи составляет градусов
- Вопросы закрытого типа:*
- № 1 Расшифруйте аббревиатуру СРНС
- спутниковая радионавигационная система,
 - спутниковая система наблюдения,
 - спутниковая система связи,
 - спутниковая навигационно-связная система,
- № 2 Орбитальные периоды спутников СРНС второго поколения приблизительно равны
- 6 часов,
 - 12 часов,
 - 18 часов,
 - 24 часа.
- № 3 Основная функция навигационных спутников СРНС это
- контроль бортовых систем
 - измерение и прогноз параметров орбиты
 - прогноз отклонения бортовых шкал времени
 - формирование и излучение радионавигационных сигналов
- № 4 Какие орбиты КА используются в СДКМ
- низкие орбиты с высотой до 1000 км,
 - стационарные орбиты,
 - высокоэллиптические орбиты,
 - средневысокие орбиты с высотой до 20 000 км.
- № 5 VDOP – это

- Геометрический фактор (ГФ) определения пространственных координат потребителя (П),
 - ГФ определения высотной координаты П,
 - ГФ определения горизонтальных координат П,
 - ГФ определения поправки к шкале времени П.
- № 6 Номинальная группировка космических аппаратов в GALILEO содержит
- 18 КА
 - 20 КА
 - 24 КА
 - 30 КА
- № 7 Разделение излучений навигационных сигналов спутников в BEIDOU
- кодовое.
 - частотное,
 - временное
- № 8 Какие орбиты составляют баллистическую группировку КА ГЛОНАСС
- стационарные,
 - синхронные,
 - средневысокие,
 - низкие.
- № 9 Разделение излучений навигационных сигналов спутников в ГЛОНАСС
- кодовое,
 - частотное,
 - временное,
 - пространственное.
- № 10 СДКМ это
- система дистанционного космического мониторинга
 - система дифференциальной коррекции и мониторинга
 - система декаметрового диапазона частот
 - система дальней космической связи и мониторинга

ПСК-15

Вопросы открытого типа:

- № 1 Обеспечивалась ли непрерывность навигационных определений по СРНС первого поколения, Транзит (США) и Цикада (СССР)
- № 2 Информацию о текущем состоянии СРНС можно получить на сайте ГЛОНАСС
- № 3 Цифровая информация навигационного сообщения спутника ГНСС подразделяется на ...
- № 4 Альманах системы ГЛОНАСС это
- № 5 Для решения навигационной задачи по двум системам, (ГЛОНАСС +GPS), в зоне радиовидимости потребителя должны находиться не менее навигационных спутников
- № 6 Разделение излучений навигационных сигналов стандартной и высокой точности в

	КА GPS...
№ 7	Расшифруйте аббревиатуру ЛККС
№ 8	Широкозонное функциональное дополнение, созданное в США, использует ИСЗ на ... орбитах
№ 9	Радиус рабочей зоны наземного ЛККС составляет ...
№ 10	Рефракционные тропосферные погрешности дальномерных измерений в GPS при увеличении угла возвышения спутника ...
	<i>Вопросы закрытого типа:</i>
№ 1	Расшифруйте аббревиатуру ГЛОНАСС
	- глобальная навигационная спутниковая система,
	- глобальная спутниковая система наблюдения,
	- глобальная спутниковая система связи,
	- глобальная навигационно-связная система
№ 2	К параметрам пространственного состояния определяющихся объектов по системе ГЛОНАСС не относятся
	- координаты объекта,
	- точное время позиционирования,
	- вектор сближения меридианов двух объектов,
	- пространственный вектор между двумя приёмниками.
№ 3	Разделение излучений навигационных сигналов стандартной и высокой точности в КА ГЛОНАСС
	- кодовое.
	- частотное,
	- временное,
	- по фазе несущей частоты.
№ 4	Поправки к шкале системного времени ГЛОНАСС относительно UTC(SU)
	- 1 – 2 раза в сутки,
	- 1 раз в неделю,
	- 1 раз в месяц,
	- 1 раз в год.
№ 5	HDOP – это
	- Геометрический фактор (ГФ) определения пространственных координат потребителя (П),
	- ГФ определения высотной координаты П,
	- ГФ определения горизонтальных координат П,
	- ГФ определения поправки к шкале времени П.
№ 6	Номинальная группировка космических аппаратов в ГЛОНАСС содержит
	- 18 КА
	- 20 КА
	- 24 КА
	- 30 КА

- № 7 Разделение излучений навигационных сигналов спутников в ГЛОНАСС
- кодовое.
 - частотное,
 - временное,
 - пространственное
- № 8 Какие орбиты составляют баллистическую группировку КА GPS
- стационарные,
 - синхронные,
 - средневысокие,
 - низкие.
- № 9 Разделение излучений навигационных сигналов спутников в Galileo
- кодовое,
 - частотное,
 - временное,
 - пространственное
- № 10 Тропосферные погрешности дальномерных измерений в ГЛОНАСС как изменяются с изменением частоты навигационного сигнала
- не изменяются,
 - уменьшаются с уменьшением несущей частоты навигационного сигнала,
 - увеличиваются с уменьшением несущей частоты навигационного сигнала,
 - увеличиваются с увеличением несущей частоты навигационного сигнала