



Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ ДВАЖДЫ ГЕРОЯ
СОВЕТСКОГО СОЮЗА, ЛЕТЧИКА-КОСМОНАВТА А.А. ЛЕОНОВА»

«УТВЕРЖДАЮ»

И.о. проректора

_____ А.В. Троицкий

«_____» _____ 2023 г.

ИНСТИТУТ ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМ И ТЕХНОЛОГИЙ

**КАФЕДРА ИНФОРМАЦИОННЫХ
ТЕХНОЛОГИЙ И УПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМ**

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

ДИСЦИПЛИНЫ

**УПРАВЛЕНИЕ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В
КОСМИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ (ПРОФИЛЬ 1 НИИ КС) (МОДУЛЬ):
КОСМИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ НАВИГАЦИИ, СВЯЗИ И УПРАВЛЕНИЯ**

Направление подготовки: 27.03.04 Управление в технических системах

Профиль: Информационные системы и средства управления техническими процессами

Уровень высшего образования: бакалавриат

Форма обучения: очная

Королев
2023

Рабочая программа является составной частью основной профессиональной образовательной программы и проходит рецензирование со стороны работодателей в составе основной профессиональной образовательной программы. Рабочая программа актуализируется и корректируется ежегодно.

Автор: д.т.н., профессор Чаплинский В.С. Рабочая программа дисциплины: Управление и информационные технологии в космических системах (профиль 1 НИИ КС) (модуль): Космические системы навигации, связи и управления. – Королев МО: «Технологический университет», 2023 г.

Рецензент: д.т.н., профессор Вокин Г.Г.

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки бакалавров Направление 27.03.04 Управление в технических системах и Учебного плана, утвержденного Ученым советом Технологического университета. Протокол № 9 от 11 апреля 2023 г.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры:

Заведующий кафедрой (ФИО, ученая степень, звание, подпись)	Артюшенко В.М. д.т.н. профессор 			
Год утверждения (переподтверждения)	2023			
Номер и дата протокола заседания кафедры	№ 12 от 05.04.2023			

Рабочая программа согласована:

Руководитель ОПОП ВО



к.т.н., доц Е.Н. Дмитренко

Рабочая программа рекомендована на заседании УМС:

Год утверждения (переподтверждения)	2023			
Номер и дата протокола заседания УМС	№ 5 от 11.04.2023			

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО

Целью изучения дисциплины «Космические системы навигации, связи и управления» является формирование у бакалавров теоретических знаний и практических навыков о принципах построения и структуре сетевых спутниковых навигационно-временных систем, достижимой с их использованием точности навигационных определений и временной синхронизации при решении задач местоопределения и частотно-временной синхронизации; принципах построения и использования космических систем связи и комплексов управления космическими аппаратами. Изучение дисциплины содействует формированию системного мышления.

В процессе обучения студент приобретает и совершенствует следующие компетенции:

профессиональные компетенции

- ПК-3. Способен проводить испытания опытных образцов и модернизация электронных средств и электронных систем БКУ АКА
- ПК-6. Способен составлять проектно-сметной документации на проект или программу в РКП.

Основными задачами изучения дисциплины являются:

- изучение методов, алгоритмов и технологии определения местоположения и составляющих скорости авиакосмических, морских и наземных стационарных и подвижных объектов с использованием космических навигационных систем Глонасс, GPS и Галилleo;
- изучение принципов построения космических систем связи на средневысотных и низких орбитах, принципов построения комплексов непосредственного и ретрансляционного управления объектами.
- изучение технологий применения комплексов управления объектами космической деятельности) космических навигационных систем.

Показатель освоения компетенции отражают следующие индикаторы:

Необходимые знания:

- Технические характеристики испытательного оборудования;
- Программные продукты: специализированное программное обеспечение по управлению проектами и программам, офисный пакет приложений для операционных систем.
- Технические аспекты аналогичных программ организации

необходимые умения:

- Работать с измерительным и испытательным оборудованием в пределах выполняемой функции.
- Работать с конструкторской документацией.
- Работать с информационным пространством на сервере организации для хранения, обмена и совместного использования информации по проекту или программе в РКП

Трудовые действия:

- Навыками составления планов и графиков модернизации, испытаний и сдачи в эксплуатацию электронных средств и электронных систем БКУ АКА;
- Методами анализа чувствительности проекта или программы к изменению факторов, влияющих на параметры проекта или программы в РКП

2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Дисциплина Управление и информационные технологии в космических системах (профиль 1 НИИ КС) (модуль): Космические системы навигации, связи и управления относится к дисциплинам по выбору части, формируемой участниками образовательных отношений, основной образовательной программы подготовки бакалавров по направлению подготовки 27.03.04 «Управление в технических системах».

Изучение данной дисциплины базируется на ранее изученных дисциплинах: «Экономика предприятия и организация производства», «Метрология и стандартизация», «Вычислительные сети, системы и телекоммуникации», и компетенциях: УК-10, ОПК 3,4,6,7,8,9,10,11.

Основные положения дисциплины должны быть использованы в дальнейшем при выполнении выпускной квалификационной работы бакалавра.

3. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины для студентов очной формы обучения составляет 2 зачетные единицы, 72 часа.

Виды занятий	Всего часов	Семестр шестой
Общая трудоемкость	72	72
Аудиторные занятия	32	32
Лекции (Л)	16	16
Практические занятия (ПЗ)	16	16
Лабораторные работы (ЛР)	-	-
Самостоятельная работа	40	40
Курсовые работы, проекты	-	-
Контрольная работа, домашнее задание	+ -	+ -
Текущий контроль знаний (7 - 8, 15 - 16 недели)	Тест	2
Вид итогового контроля	Зачет	Зачет

4. Содержание дисциплины

4.1. Темы дисциплины и виды занятий

Таблица 2

Наименование тем	Лекции, час	Практические занятия, час	Занятия в интерактивной форме, час	Код компетенций
Тема 1. Назначение и задачи систем навигационного обеспечения. Требования к навигационному обеспечению аэрокосмических средств, судов морского и речного флота, наземных объектов.	2	2		ПК-3 ПК-6
Тема 2. Принципы определения координат и составляющих скорости объектов – потребителей спутниковых радионавигационных систем. Методы радионавигационных измерений	2	2		ПК-3 ПК-6
Тема 3. Глобальная навигационная спутниковая система Глонасс. Назначение. Решаемые с использованием системы прикладные задачи. Структура системы.	2	2	2	ПК-3 ПК-6
Тема 4. Глонасс. Эфемеридное обеспечение навигационных космических аппаратов. Частотно-временное обеспечение.	2	2		ПК-3 ПК-6
Тема 5. Глонасс. Навигационные сигналы. Космическая навигационная система GPS.	2	2	2	ПК-3 ПК-6
Тема 6. Европейская космическая навигационная система Галилео.	2	2	2	ПК-3 ПК-6

Тема 7. Дифференциальный режим применения спутниковых радионавигационных систем. Низкоорбитальные и средневысотные спутниковые системы связи	2	2	2	ПК-3 ПК-6
Тема 8. Системы связи, телевидения и ретрансляции информации с использованием геостационарных орбит. Космические системы командного телеуправления.	2	2		ПК-3 ПК-6
Итого	16	16	8	

4.2. Содержание тем дисциплины

Тема 1. Назначение и задачи систем навигационного обеспечения. Требования к навигационному обеспечению аэрокосмических средств, судов морского и речного флота, наземных объектов

Радионавигационные поля. Показатели качества радионавигационного обеспечения – точность, доступность, целостность, непрерывность. Общие сведения о навигационных полях спутниковых радионавигационных систем первого и второго поколения «Транзит» и «Парус-Цикада». Глонасс и GPS.

Требования к точности местопределения воздушных кораблей на маршруте, в зоне аэродрома и при заходе на посадку. Требования к надежности и точности навигационного обеспечения плавучих средств в акваториях, портах и при выполнении специальных работ.

Требования к местопределению средств автомобильного и железнодорожного транспорта, навигационному обеспечению топогеодезических и землеустроительных служб, силовых структур.

Тема 2. Принципы определения координат и составляющих скорости объектов – потребителей спутниковых радионавигационных систем. Методы радионавигационных измерений

Радионавигационные точки. Эфемериды РНТ и измеряемые навигационные параметры. Дальность и псевдодальность. Радиальная скорость и радиальная псевдоскорость. Поверхности положения. Геометрический фактор.

Измерение псевдодальности в навигационных радиолиниях.

Измерение радиальной псевдоскорости. Измерение псевдодальности по фазе несущих колебаний навигационного сигнала. Разностные навигационные параметры. Первые, вторые и третьи разности псевдодальностей.

Тема 3. Глобальная навигационная спутниковая система Глонасс. Назначение. Решаемые с использованием системы прикладные задачи. Структура системы.

Прикладные задачи навигационно-временного обеспечения пользователей КНС. Общие сведения о функциональном – эфемеридном и частотно-временном обеспечении КНС. Навигационные сигналы.

Основные элементы системы: космические аппараты; бортовые стандарты частоты и времени; источники навигационных сигналов; бортовой радиокomплекс; наземный комплекс управления; навигационная аппаратура потребителей.

Тема 4. Глонасс. Эфемеридное обеспечение навигационных космических аппаратов. Частотно-временное обеспечение.

Назначение и задачи. Требования к точности. Технологические схемы. Модели движения НКА. Влияние возмущающих факторов. Геоцентрические системы координат.

Определение параметров движения НКА в наземном комплексе управления. Расчет эфемерид НКА и данных в альманах системы. Основные погрешности эфемерид.

Структура эфемерид, способы размножения и использования эфемерид потребителями системы. Назначение и задачи. Требования к точности. Технологические макрооперации. Высокостабильные бортовые генераторы сигнала. Центральный синхронизатор.

Формирование и поддержание требуемых характеристик единой шкалы времени системы. Релятивистские соотношения шкал времени разнесенных движущихся объектов. Сличение, фазирование и коррекция бортовых шкал времени (БШВ). Учет шкалы времени государственного эталона. Формирование частотно-временных поправок к БШВ.

Тема 5. Глонасс. Навигационные сигналы. Космическая навигационная система GPS.

Диапазон рабочих частот. Частотное (литерное) разделение НКА. Двухкомпонентный радиосигнал 1600 МГц высокой и стандартной точности. Навигационный однокомпонентный сигнал 1250 МГц стандартной точности.

Энергетика навигационных радиолиний. Навигационные сообщения и их кадровая структура. Формирование навигационных сообщений на борту НКА.

Назначение, общая характеристика. Состав и структура системы. Орбитальная группировка. Навигационные космические аппараты. Состав и структура наземного комплекса управления. Станции слежения и закладки эфемерид. Центры формирования высокоточной апостериорной эфемеридной информации. Станции контроля параметров геодинамики.

Тема 6. Европейская космическая навигационная система Галилео.

Назначение, общая характеристика. Состав и структура системы. Орбитальная группировка. Навигационные космические аппараты. Состав и структура наземного комплекса управления. Станции слежения и закладки эфемерид.

Тема 7. Дифференциальный режим применения спутниковых радионавигационных систем.

Инвариантность погрешностей эфемерид и бортовой шкалы времени. Коррекция координатных определений и навигационных измерений. Контрольно-корректирующие станции. Состав корректирующей информации и способы ее передачи потребителям.

Принципы построения и применения широкозонных и региональных дифференциальных подсистем.

Низкоорбитальные и средневысотные спутниковые системы связи
Назначение систем. Орбитальная структура. Обеспечение связности. Условия обеспечения требуемого энергетического баланса. Отечественные системы типа «Стрела», «Гонец». Система «Иридиум» (США). Проекты Teledesic и SkyBridge.

Отечественные системы ретрансляции ТВ-программ и дальней радиосвязи «Молния-3», «Молния-1Т». Система «Сириус» (США). Типы пользовательских терминалов, система «Орбита».

Тема 8. Системы связи, телевидения и ретрансляции информации с использованием геостационарных орбит. Космические системы командного телеуправления.

Назначение систем. Особенности размещения СР на ГСО, рабочие точки. Службы спутниковой связи (фиксированная, подвижная, радиовещательная). Требуемый энергетический баланс. История создания. Отечественные системы связи и передачи данных, ТВ – вещания с использованием КА типа «Горизонт», «Экспресс», «Галс», «Ямал». Система «Интелсат» (США). Наземные станции.

Назначение. Решаемые задачи. История создания и развития космических систем командного телеуправления. Разовые и временные команды. Командно-программная информация. Требования к командному телеуправлению. Имитозащита КПИ. Режим непосредственной и ретрансляционной передачи КПИ.

5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы по дисциплине

1. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины. Приложение 1.

6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

Структура фонда оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине приведена в Приложении 1.

7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

Основная литература:

1. Радионавигационные системы воздушных судов: Учебник / О.Н. Скрыпник. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2021. - 348 с.: <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=399612>

2. Орбитальное функционирование связанных космических объектов: Учебное пособие / В.А. Иванов, С.А. Купреев, В.С. Ручинский. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2021. - 320 с.
<http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=373427>
3. Белоконов, И. В. Навигация с помощью глобальных спутниковых систем [Электронный ресурс] : электрон. учеб. пособие / А. В. Крамлих, Ю. Ф. Широков, Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. акад. С. П. Королева (нац. исслед. ун-т), И. В. Белоконов .— Самара: Изд-во СГАУ, 2021.)
<http://rucont.ru/efd/229993?children=0>

Дополнительная литература:

1. Алешечкин, А. М. Определение угловой ориентации объектов по сигналам спутниковых радионавигационных систем [Электронный ресурс] : монография / А. М. Алешечкин. – Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2014. – 176 с. <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=507422>
2. Владимиров, В.М. Дистанционное зондирование Земли [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В. М. Владимиров, Д. Д. Дмитриев, О. А. Дубровская [и др.] ; ред. В. М. Владимиров. – Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2014. – 196 с. <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=506009>
3. Ботов, М. И. Введение в теорию радиолокационных систем [Электронный ресурс] : монография / М. И. Ботов, В. А. Вяхирев, В. В. Девотчак; ред. М. И. Ботов. - Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2012. - 394 с.
<http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=492976>
4. Тяпкин, В. Н. Методы определения навигационных параметров подвижных средств с использованием спутниковой радионавигационной системы ГЛОНАСС [Электронный ресурс] : монография / В. Н. Тяпкин, Е. Н. Гарин. - Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2012. - 260 с. - ISBN 978-5-7638-2639-5. Режим доступа: <http://www.znanium.com/catalog.php?bookinfo=442662>

8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

1. www.toroid.ru/sherbinaUV.html
2. sau.tti.sfedu.ru › Студенту › Библиотека

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля) приведены в Приложении 2.

10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Перечень программного обеспечения: LibreOffice, MatLab, VisSim, Multisim.

Информационные справочные системы: не предусмотрено курсом данной дисциплины.

Ресурсы информационно-образовательной среды «Технологического университета» :

Рабочая программа и методическое обеспечение по дисциплине «Космические системы навигации, связи и управления».

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

Лекционные занятия:

- аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран).
- комплект электронных презентаций / слайдов на темы лекций №1-9.

Практические занятия:

- учебный класс, оснащенный вычислительной техникой (ПК), программами для компьютерного моделирования систем управления Multisim.
- рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет.

Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

ИНСТИТУТ ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМ И ТЕХНОЛОГИЙ
КАФЕДРА ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
И УПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМ

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ
УПРАВЛЕНИЕ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В КОСМИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ (ПРОФИЛЬ 1 НИИ КС) (МОДУЛЬ)
« КОСМИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ НАВИГАЦИИ, СВЯЗИ И УПРАВЛЕНИЯ»
(Приложение 1 к рабочей программе)

Направление подготовки: 27.03.04 Управление в технических системах

Профиль: Информационные системы и средства управления техническими процессами

Уровень высшего образования: бакалавриат

Форма обучения: очная

Королев
2023

1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы

№ п/п	Индекс компетенции	Содержание компетенции (или ее части)*	В результате изучения раздела дисциплины, обеспечивающего формирование компетенции (или ее части), обучающийся должен:		
			необходимые знания	необходимые умения	трудовые действия
1.	ПК-3	Способен проводить испытания опытных образцов и модернизация электронных средств и электронных систем БКУ АКА	Технические характеристики испытательного оборудования	Работать с измерительным и испытательным оборудованием в пределах выполняемой функции. Работать с конструкторской документацией	Навыками составления планов и графиков модернизации, испытаний и сдачи в эксплуатацию электронных средств и электронных систем БКУ АКА.
2.	ПК-6	Способен составлять проектно-сметной документации и на проект или программу в РКП.	Программные продукты: специализированное программное обеспечение по управлению проектами и программам, офисный пакет приложений для операционных систем. Технические аспекты аналогичных программ организации	Работать с информацией в пространстве на сервере организации для хранения, обмена и совместного использования информации по проекту или программе в РКП	Методами анализа чувствительности и проекта или программы к изменению факторов, влияющих на параметры проекта или программы в РКП

2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

3.

Код компетенции	Инструменты, оценивающие сформированность компетенции	Показатель оценивания компетенции	Критерии оценки
ПК-3 ПК-6	Письменное задание Решение задач по темам дисциплины	<p>А) полностью сформирована (компетенция освоена на высоком уровне) - 5 баллов</p> <p>Б) частично сформирована:</p> <ul style="list-style-type: none"> • компетенция освоена на продвинутом уровне - 4 балла; • компетенция освоена на базовом уровне - 3 балла; <p>В) не сформирована (компетенция не сформирована) - 2 и менее баллов</p>	<p>Проводится в письменной форме</p> <p>Критерии оценки:</p> <p>Время, отведенное на процедуру – 10 - 15 мин.</p> <p>Неявка – 0.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.Соответствие содержания отчёта заданию (1 балл). 2.Полнота проведения расчётов и обоснований (2 балла). 3.Владение информацией и способность отвечать на вопросы аудитории (1 балл). 4.Качество самой представленной работы (1 балл). <p>Максимальная сумма баллов - 5 баллов.</p> <p>Результаты оценочной процедуры представляются обучающимся в срок не позднее 1 недели после проведения процедуры – для текущего контроля. Оценка проставляется в электронный журнал.</p>
ПК-3 ПК-6	Контрольное задание	<p>А) полностью сформирована (компетенция освоена на высоком уровне) - 5 баллов</p> <p>Б) частично сформирована:</p> <ul style="list-style-type: none"> • компетенция освоена на продвинутом уровне - 4 балла; • компетенция освоена на базовом уровне - 3 балла; <p>В) не сформирована (компетенция не сформирована) - 2 и менее баллов</p>	<p>Проводится в письменной форме</p> <p>Время, отведенное на процедуру – 30 мин.</p> <p>Неявка – 0.</p> <p>Критерии оценки:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.Соответствие содержания проекта (реферата) заданной тематике (1 балл). 2.Полнота изложения (2 балла). 3. Качество оформления работы (1 балл). 4. Владение информацией и способность отвечать на вопросы аудитории (1 балл). <p>Максимальная сумма баллов - 5 баллов.</p> <p>Результаты оценочной процедуры представляются обучающимся в срок не позднее 1 недели после проведения процедуры – для текущего контроля. Оценка проставляется в электронный журнал.</p>
ПК-3 ПК-6	Реферат Выступление с докладом на	<p>А) полностью сформирована (компетенция</p>	<p>Проводится в письменной форме</p> <p>Критерии оценки:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.Соответствие содержания

	практическом занятии	<p>освоена на высоком уровне) - 5 баллов</p> <p>Б) частично сформирована:</p> <ul style="list-style-type: none"> • компетенция освоена на продвинутом уровне - 4 балла; • компетенция освоена на базовом уровне - 3 балла; <p>В) не сформирована (компетенция не сформирована) - 2 и менее баллов</p>	<p>реферата заданной тематике (1 балл).</p> <p>2. Полнота изложения (2 балла).</p> <p>3. Качество оформления работы (1 балл).</p> <p>4. Владение информацией и способность отвечать на вопросы аудитории (1 балл).</p> <p>Максимальная сумма баллов - 5 баллов.</p> <p>Результаты оценочной процедуры представляются обучающимся в срок не позднее 1 недели после проведения процедуры – для текущего контроля. Оценка проставляется в электронный журнал.</p>
--	----------------------	---	--

3. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

Контрольное задание:

Для текущего контроля успеваемости используются опросы и оценка заданий, выданных на практических занятиях.

Тематика письменных заданий:

1. Методика расчёта упреждения релятивистского смещения шкал времени в космических навигационных системах типа ГЛОНАСС;
2. Методика расчёта релятивистского смещения шкал времени разнесенных наземных пунктов;
3. Методика расчёта релятивистского смещения шкалы времени на космическом аппарате при приёме сигналов Глонасс.
4. Методика обоснования энергетических показателей измерительных каналов и точности навигационных измерений.

Примерная тематика реферата:

1. Использование КНС для местоопределения подвижных объектов, пользователей внутри городских застроек, в гористой и лесистой местности.
2. Использование приемников КНС для определения местоположения абонента сотовой связи
3. Использование космических навигационных систем для синхронизации работы средств сотовой связи

4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Формой контроля знаний по дисциплине являются две текущие аттестации в виде тестов и одна промежуточная аттестация в виде зачета в устной форме.

Неделя текущего контроля	Вид оценочного средства	Код компетенций, оценивающий знания, умения, навыки	Содержание оценочного средства	Требования к выполнению	Срок сдачи (неделя семестра)	Критерии оценки по содержанию и качеству с указанием баллов
согласно графика учебного процесса	Тестирование (защита письменных заданий)	ПК-3 ПК-6	Задания 1-3	Оформление отчётов по каждому заданию	Результаты тестирования предоставляются в день защиты письменных заданий	Критерии оценки определяются процентным соотношением. Не явка -0 Удовлетворительно - от 51% правильных ответов. Хорошо – от 61%. Отлично – от 81%.
согласно графика учебного процесса	Тестирование	ПК-3 ПК-6	Задания 4	Оформление отчётов по каждому заданию	Результаты тестирования предоставляются в день защиты письменных заданий	Критерии оценки определяются процентным соотношением. Не явка -0 Удовлетворительно - от 51% правильных ответов. Хорошо – от 61%. Отлично – от 81%. Максимальная оценка – 5 баллов.
согласно графика учебного процесса	Зачет	ПК-3 ПК-6	2 вопроса	Зачет проводится в устной форме, путем ответа на вопросы. Время отведенное на процедуру – 20 минут.	Результаты предоставляются в день проведения зачета	Критерии оценки: «Зачтено»: <ul style="list-style-type: none"> • знание основных понятий предмета; • умение использовать и применять полученные знания на практике; • работа на практических занятиях; • знание основных научных теорий, изучаемых предметов; • ответ на вопросы билета. «Не зачтено»: <ul style="list-style-type: none"> • демонстрирует частичные знания по темам дисциплин; • незнание основных понятий

					<ul style="list-style-type: none"> • предмета; • неумение использовать и применять полученные знания на практике; • не работал на практических занятиях; • не отвечает на вопросы.
--	--	--	--	--	--

Итоговое начисление баллов по дисциплине осуществляется в соответствии с разработанной и внедренной балльно-рейтинговой системой контроля и оценивания уровня знаний и внеучебной созидательной активности обучающихся.

4.1. Типовые задания на тестирование

По дисциплине проводятся две текущие аттестации в виде защиты письменных заданий. По форме заданий предоставляется письменный отчет. Содержание отчёта должно соответствовать заданию, а также выполняется полное проведение расчетов и обоснований.

Предлагаются задания №1-3 (неделя текущего контроля 7-8).

1. Соотношение для определения скорости релятивистского смещения шкалы времени КА относительно наземного пункта.
2. Расчёт геоцентрической скорости КА на круговой околоземной орбите.
3. Расчёт геоцентрической скорости наземного пункта.
4. Определение гравитационного потенциала КА и наземного пункта.
5. Соотношения интервалов собственного времени излучателя сигнала и приемника сигнала и интервалов собственного времени приемника и излучателя сигнала

6. Выражение интервала собственного времени приемника $\Delta\tau_n$ через интервал собственного времени излучателя $\Delta\tau_u$,

7. Выражение интервала собственного времени излучателя $\Delta\tau_u$ через интервал собственного времени приемника $\Delta\tau_n$.

Предлагаются задания №4 (неделя текущего контроля 15-16).

1. Формула расчёта мощности принимаемого в радиолинии сигнала, выраженная через параметры радиолинии.
2. Соотношение для оценки потенциальной точности измерения временного запаздывания принимаемого сигнала. Соотношение для оценки потенциальной точности измерения частотного смещения принимаемого сигнала.
3. Эквивалентное время приема сигнала при измерении частотного смещения.
4. Связь порогового значения отношения энергии принимаемого сигнала к спектральной плотности шума и мощности принимаемого сигнала при измерении скоростных параметров летательных аппаратов

5. Выражение для расчёта полосы частот фильтра выделения сигнала при измерении скоростных параметров летательных аппаратов.

4.2. Типовые вопросы, выносимые на зачет

1. Показатели качества радионавигационного обеспечения.
2. Принципы определения координат и составляющих скорости объектов - потребителей спутниковых радионавигационных систем.
3. Измеряемые в СРНС навигационные параметры. Псевдодальность и радиальная псевдоскорость.
4. Назначение и структура системы Глонасс. Решаемые с использованием системы прикладные задачи.
5. Орбитальная структура системы GPS . Навигационные космические аппараты
6. Наземный комплекс управления системы Глонасс.
7. Эфемеридное и частотно-временное обеспечение системы Глонасс.
8. Навигационные сигналы Глонасс.
9. Навигационные сигналы GPS.
10. Требования к стабильности бортовых генераторов сигнала и бортовых шкал времени.
11. Формирование единой шкалы времени в КНС Глонасс.
12. Наземный комплекс управления КНС GPS.
13. Состав и структура космической навигационной системы Галилео.
14. Задачи и принципы комплексного использования навигационных сигналов СРНС.
15. Дифференциальный режим применения спутниковых радионавигационных систем.
16. Общие сведения о широкозонных дифференциальных подсистемах.
17. Общие сведения о региональных дифференциальных подсистемах.
18. Назначение и структура навигационной аппаратуры потребителей СРНС.
19. Применение СРНС для обеспечения индивидуальной навигации человека.
20. Принципы угловых определений с помощью СРНС.
21. Методы применения СРНС для мониторинга городского автотранспорта.

22. Принципы комплексирования навигационных, телеметрических и связных средств обеспечения мониторинга и управления подвижными средствами.
23. Пути и средства обеспечения временной синхронизации.
24. Определение времени с использованием СРНС.
25. Применение СРНС для высокоточного контроля местоположения в горном деле, при строительстве, в геодезических работах, для создания земельного кадастра.
26. Низкоорбитальные системы связи. Область применения. Преимущества и недостатки.
27. Отечественные низкоорбитальные системы связи «Гонец», «Иридиум». Проекты Teledesic и SkyBridge.
28. Отечественные системы ретрансляции ТВ-программ и дальней радиосвязи «Молния-3», «Молния-1Т». Система «Сириус» (США). Типы пользовательских терминалов, система «Орбита».
29. Системы связи на геостационарных орбитах. Службы спутниковой связи (фиксированная, подвижная, радиовещательная). Требуемый энергетический баланс.
30. Геостационарные КА связи «Экспресс» и «Ямал». Система «Интелсат». Наземные станции.
31. Космические системы ретрансляции информации «Луч» и ТДРСС.
32. Требования к командному телеуправлению. Командно-программная информация. Имитозащита КПИ.

Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

ИНСТИТУТ ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМ И ТЕХНОЛОГИЙ
КАФЕДРА ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
И УПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ
ДИСЦИПЛИНЫ
УПРАВЛЕНИЕ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В
КОСМИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ (ПРОФИЛЬ 1 НИИ КС) (МОДУЛЬ)
«КОСМИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ НАВИГАЦИИ, СВЯЗИ И УПРАВЛЕНИЯ»

Направление подготовки: 27.03.04 Управление в технических системах

Профиль: Информационные системы и средства управления техническими процессами

Уровень высшего образования: бакалавриат

Форма обучения: очная

Королев
2023

1. Общие положения

Цель дисциплины: формирование у бакалавров теоретических знаний и практических навыков о принципах построения и структуре сетевых спутниковых навигационно-временных систем, достижимой с их использованием точности навигационных определений и временной синхронизации при решении задач местоопределения и частотно-временной синхронизации; принципах построения и использования космических систем связи и комплексов управления космическими аппаратами.

Изучение дисциплины содействует формированию системного мышления.

Задачи дисциплины:

- изучение методов, алгоритмов и технологии определения местоположения и составляющих скорости авиакосмических, морских и наземных стационарных и подвижных объектов с использованием космических навигационных систем Глонасс, GPS и Галилleo. Изучение принципов построения космических систем связи на средневысотных и низких орбитах, принципов построения комплексов непосредственного и ретрансляционного управления объектами.

- ознакомление с принципами применения космических навигационных систем при решении задач топогеодезического обеспечения, проведении землеустроительных и кадастровых работ, для мониторинга транспортных средств, повышения безопасности самолетовождения на маршруте полета и в аэродромной зоне, мореплавания в акваториях и портах и при решении других прикладных задач. Ознакомление с принципами построения и применения дифференциальных приложений для повышения точности местоопределения объектов. Ознакомление с технологиями построения телекоммуникационных сетей на базе космических средств связи.

- изучение технологий применения комплексов управления объектами космической деятельности) космических навигационных систем.

2. Указания по проведению практических занятий

Образовательные технологии:

Технологии формирования ключевых компетентностей, мозговой штурм, круглый стол.

Практическое занятие 1-2

Тема 1. Релятивистские частотно-фазовые соотношения между параметрами сигналов

Задание 1.1 -1.8 Вычислить скорость релятивистского смещения шкалы времени КА относительно наземного пункта с координатами $r_k = 6371$ км и $B=55$ град.с.ш. для КА на круговых орбитах с высотой:

1. $H=250$ км,
2. $H=400$ км,
3. $H= 1000$ км,
4. $H=5000$ км,
5. $H=10000$ км,
6. $H=19100$ км (орбита КА Глонасс),
7. $H=30000$ км,
8. $H=35809$ км (ГСО).

Принять при расчетах геоцентрическую постоянную $\mu = 4.10^{14} \frac{M^3}{c^2}$;

$\cos 55^\circ = 0,575$. Примечание: $\dot{r}_k^2 = \frac{\mu}{r_k}$; $\varphi_k = \frac{-|\mu|}{r_k}$.

Задание 1.9 Вычислить высоту круговой орбиты КА, на которой значение $R_n^k = 0$ при условии, что $r_n = 6371$ км, $B_n = 55^\circ$.

Суммарная продолжительность занятий по теме 4 часа.

Практическое занятие 3-4

Тема 2. Упреждение релятивистского смещения шкал времени в космических навигационных системах типа ГЛОНАСС

Задание 2.1 Для скорости релятивистского смещения шкалы времени КА Глонасс относительно наземного пункта с координатами $r_k = 6371$ км и $B=55$ град.с.ш. определить величину поправки к частоте навигационного сигнала $F = 1600$ МГц, при которой ход шкалы времени КА будет совпадать с ходом шкалы времени наземного пункта.

Задание 2.2 Определить допустимые погрешности априорной информации о геоцентрической скорости и о высоте орбиты КА Глонасс, при которых погрешность упреждения релятивистского смещения не вызовет соответствующее дополнительное смещение шкалы времени КА более 10 нс на интервале времени наземного синхронизатора $T = 10^5 c$. Принять погрешности расчета релятивистского смещения за счет погрешностей в геоцентрической скорости и модуле геоцентрического радиус - вектора КА примерно равными. Погрешностью расчета геоцентрической скорости и гравитационного потенциала наземного пункта пренебречь.

Тема 3. Релятивистское смещение шкал времени разнесенных наземных пунктов

Продолжительность занятий по теме 4 часа.

Задание 3.1 Вычислить релятивистское смещение шкал времени разнесенных наземных пунктов Щ ($r_n = 6371200$ м. $B = 55$ град с.ш. $\cos 55^\circ = 0,575$) и У ($r_n = 6371000$ м. $B = 44$ град с.ш. $\cos 44^\circ = 0,719$) и определить необходимость учета этого смещения при измерении суммарной псевдодальности КА относительно этих наземных пунктов при продолжительности мерного интервала $T = 100000$ секунд (примерно одни сутки), если аппаратурная погрешность составляет 3 м при условии, чтобы погрешность, вносимая релятивистским смещением, не превышала 10% от аппаратурной погрешности измерений. Если данное условие не выполняется, оценить допустимую погрешность априорной информации о геоцентрической высоте наземных пунктов, чтобы обеспечить требуемую точность учета релятивистского смещения. Принять вклад погрешностей обеих пунктов одинаковым.

Суммарная продолжительность занятий по теме 4 час.

Практическое занятие 5

Тема 4. Релятивистское смещение шкалы времени на космическом аппарате при приёме сигналов Глонасс (задание 1.7).

Задание 4.1 Вычислить релятивистское смещение шкалы времени КА Глонасс относительно орбитальной станции на круговой орбите с высотой 400 км, которое необходимо учитывать дополнительно при проведении навигационных измерений по навигационным сигналам КА Глонасс, в которые введено упреждение релятивистского смещения шкалы времени КА (относительно опорного наземного пункта).

Основная литература по темам 1.1.-1.4

1. Чаплинский В.С. Релятивистские частотно-фазовые соотношения между параметрами сигналов. Электронная версия лекции.

Дополнительная литература

2. Чаплинский В.С. Практические задания по теме «Релятивистские частотно-фазовые соотношения между параметрами сигналов». Электронная версия.

Продолжительность занятий по теме 2 час.

Практическое занятие 6-8

Тема 5 Энергетические соотношения сигналов в космических измерительных системах

Учебные вопросы

Энергетические показатели измерительных каналов (задание 2.1. 2.4) и точность навигационных измерений в ГЛОНАСС (задания 2.2, 2.3).

Для навигационной радиолинии системы Глонасс ($h_k = 19100$ км) с несущей частотой $F_1 = 1600$ МГц (диапазона L1) при следующих установочных данных: мощность бортового передатчика $P_{\sigma 1} = 35$ Вт (15 дБВт), коэффициент усиления

бортовой антенны $G_{\delta 1} = 0,25$ (6дБ); коэффициент ослабления сигнала в атмосфере 0,625 (2 дБ), коэффициент усиления антенны наземного приемника $G_{н1} = 2,0$ (3дБ), температура шума наземного приемника $T_{шш} = 44\text{К}$, угол места линии визирования КА $\gamma = 5^\circ$ (дальность до КА $L = 24,1$ тыс.км)

Задание 5.1 *Рассчитать энергетические соотношения – мощность принимаемого сигнала P_{np} , спектральную мощность шума $P_{ш0}$, отношение $\frac{P_{np}}{P_{ш0}}$;*

Задание 5.2 *Определить потенциальное значение СКО измерений радиальной псевдоскорости $\sigma\dot{S}$ для случая отсутствия модуляции несущего колебания (вся мощность бортового передатчика на несущем колебании) при времени измерения $T = 0,1$ сек;*

Задание 5.3 *Определить потенциальное значение СКО измерений радиальной псевдодальности σS для случая доли мощности модулирующей ПСП, равной $0,5 P_{\delta 1}$, при тактовой частоте ПСП $F_T = 0,511\text{МГц}$ и времени измерения (шаге съема отсчетов) $T = 1$ сек;*

Задание 5.4 *Проверить, что при $\gamma = 5^\circ$ дальность до КА составляет $L = 24,1$ тыс.км.*

Суммарная продолжительность занятий по теме 6 час.

Основная литература

1. Чаплинский В.С. Энергетические соотношения сигналов в космических измерительных системах. Электронная версия лекции.

Дополнительная литература

2. Чаплинский В.С. Практические задания по теме «Энергетические соотношения сигналов в космических измерительных системах». Электронная версия.

3. Указания по проведению лабораторного практикума

Не предусмотрено учебным планом.

4. Указания по проведению самостоятельной работы студентов

Таблица 1

№ п/п	Наименование блока (раздела) дисциплины	Виды СРС
1.	Тема 1. Назначение и задачи систем навигационного обеспечения. Требования к навигационному	<p><i>Изучение материалов по вопросам:</i></p> <p>1. Показатели качества радионавигационного обеспечения.</p> <p>2. Использование КНС для местоопределения подвижных объектов, пользователей внутри городских застроек, в гористой и лесистой</p>

	обеспечению аэрокосмических средств, судов морского и речного флота, наземных объектов	местности
2.	Тема 2. Принципы определения координат и составляющих скорости объектов – потребителей спутниковых радионавигационных систем. Методы радионавигационных измерений	<p><i>Изучение материалов по вопросам:</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Измерение псевдодальности в навигационных радиоприемниках. 2. Измерение радиальной псевдоскорости. 3. Измерение псевдодальности по фазе несущих колебаний навигационного сигнала. 4. Разностные навигационные параметры. Первые, вторые и третьи разности псевдодальностей
3.	Тема 3. Глобальная навигационная спутниковая система Глонасс. Назначение. Решаемые с использованием системы прикладные задачи. Структура системы	<p><i>Изучение материалов по вопросам:</i></p> <p>Основные структурные элементы КНС:</p> <ul style="list-style-type: none"> • космические аппараты; • бортовые стандарты частоты и времени; • источники навигационных сигналов; бортовой радиокомплекс; • наземный комплекс управления; навигационная аппаратура потребителей
4	Тема 4. КНС Глонасс. Эфемеридное обеспечение навигационных космических аппаратов. Частотно-временное обеспечение.	<p><i>Изучение материалов по вопросам:</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Высокостабильные бортовые генераторы сигнала. Центральный синхронизатор. 2. Формирование и поддержание требуемых характеристик единой шкалы времени системы. 3. Сличение, фазирование и коррекция бортовых шкал времени (БШВ). 4. Учет шкалы времени государственного эталона.
5.	Тема 5. Космическая навигационная система Глонасс. Навигационные сигналы. Космическая навигационная система GPS.	<p><i>Изучение материалов по вопросам:</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Диапазон рабочих частот. 2. Двухкомпонентные радиосигналы высокой и стандартной точности. 3. Энергетика навигационных радиоприемников. 4. Навигационные сообщения и их кадровая структура. 5. Формирование навигационных сообщений на борту НКА.
6.	Тема 6. Европейская	<i>Изучение материалов по вопросам:</i>

	космическая навигационная система Галилео.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Навигационные космические аппараты. 2. Состав и структура наземного комплекса управления. 3. Станции слежения и закладки эфемерид. 4. КНС Китая, Индии, Японии.
7.	Тема 7. Дифференциальный режим применения спутниковых радионавигационных систем.	<p><i>Изучение материалов по вопросам:</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Инвариантность погрешностей эфемерид и бортовой шкалы времени. 2. Контрольно-корректирующие станции. 3. Состав корректирующей информации и способы ее передачи потребителям. 4. Принципы построения и применения широкозонных и региональных дифференциальных подсистем.
8.	Тема 8. Системы связи, телевидения и ретрансляции информации с использованием геостационарных орбит. Космические системы командного телеуправления.	<p><i>Изучение материалов по вопросам:</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. История создания и развития космических систем командного телеуправления. Решаемые задачи. 2. Разовые и временные команды. Командно-программная информация. 3. Требования к командному телеуправлению. Имитозащита КПИ. 4. Режим непосредственной и ретрансляционной передачи КПИ.

5. Указания по проведению контрольных работ

5.1. Требования к структуре

Структура контрольной работы должна способствовать раскрытию темы: иметь титульный лист, содержание, введение, основную часть, заключение, список литературы.

5.2. Требования к содержанию

5.2.1. Во введении обосновывается актуальность темы, определяется цель работы, задачи и методы исследования.

5.2.2. При определении целей и задач исследования необходимо правильно их формулировать. Так, в качестве цели не следует употреблять глагол «сделать». Правильно будет использовать глаголы: «раскрыть», «определить», «установить», «показать», «выявить» и т.д.

5.2.3. Основная часть работы включает вопросы, каждый из которых посвящается решению задач, сформулированных во введении, и заканчивается констатацией итогов.

5.2.4. Приветствуется иллюстрация содержания работы таблицами, графическим материалом (рисунками, схемами и т.п.).

5.2.5. Необходимо давать ссылки на используемую Вами литературу.

5.2.6. Заключение должно содержать сделанные автором работы выводы, итоги исследования.

5.2.7. Вслед за заключением идет список литературы, который должен быть составлен в соответствии с установленными требованиями. Если в работе имеются приложения, они оформляются на отдельных листах, и должны быть соответственно пронумерованы.

5.3. Требования к оформлению.

Объём контрольной работы – 5...10 страниц формата А4, напечатанного с одной стороны текста (1,5 интервал, шрифт Times New Roman). Контрольная работа должна быть также представлена в электронном виде.

6. Указания по проведению курсовых работ

Не предусмотрено учебным планом.

7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

4. Радионавигационные системы воздушных судов: Учебник / О.Н. Скрыпник. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2021. - 348 с.: <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=399612>
5. Орбитальное функционирование связанных космических объектов: Учебное пособие / В.А. Иванов, С.А. Купреев, В.С. Ручинский. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2021. - 320 с. <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=373427>
6. Белоконов, И. В. Навигация с помощью глобальных спутниковых систем [Электронный ресурс] : электрон. учеб. пособие / А. В. Крамлих, Ю. Ф. Широков, Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. акад. С. П. Королева (нац. исслед. ун-т), И. В. Белоконов .— Самара: Изд-во СГАУ, 2021 .) <http://rucont.ru/efd/229993?cldren=0>

Дополнительная литература:

5. Алешечкин, А. М. Определение угловой ориентации объектов по сигналам спутниковых радионавигационных систем [Электронный ресурс] : монография / А. М. Алешечкин. – Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2014. – 176 с. <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=507422>
6. Владимиров, В.М. Дистанционное зондирование Земли [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В. М. Владимиров, Д. Д. Дмитриев, О. А. Дубровская [и др.] ; ред. В. М. Владимиров. – Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2014. – 196 с. <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=506009>
7. Ботов, М. И. Введение в теорию радиолокационных систем [Электронный ресурс] : монография / М. И. Ботов, В. А. Вяхирев, В. В. Девотчак; ред. М. И. Ботов. - Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2012. - 394 с. <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=492976>

8. Тяпкин, В. Н. Методы определения навигационных параметров подвижных средств с использованием спутниковой радионавигационной системы ГЛОНАСС [Электронный ресурс] : монография / В. Н. Тяпкин, Е. Н. Гарин. - Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2012. - 260 с. - ISBN 978-5-7638-2639-5. Режим доступа: <http://www.znaniium.com/catalog.php?bookinfo=442662>

8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

1. www.toroid.ru/sherbinaUV.html
2. sau.tti.sfedu.ru > [Студенту](#) > [Библиотека](#)

9. Перечень информационных технологий

Перечень программного обеспечения: LibreOffice, Multisim.

Информационные справочные системы: не предусмотрено курсом данной дисциплины.

Ресурсы информационно-образовательной среды «Технологического университета» :

Рабочая программа и методическое обеспечение по дисциплине «Космические системы навигации, связи и управления»