



Государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
Московской области

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
Е.К. Самаров
« 28 » 2021г.



ИНСТИТУТ ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМ И ТЕХНОЛОГИЙ
Кафедра управления и информационных технологий в космических систе-
мах

(НИИ КС имени А.А. Максимова – филиал АО «ГКНПЦ им. М.В. Хруничева»)

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

ДИСЦИПЛИНЫ

**«ОСНОВЫ БАЛЛИСТИКИ РАКЕТ-НОСИТЕЛЕЙ И КОСМИЧЕСКИХ
АППАРАТОВ»**

Направление подготовки: 01.03.02 Прикладная математика и информатика

Профиль: Искусственный интеллект и управление в ракетно-космических системах

Уровень высшего образования: бакалавр

Форма обучения: очная




Королев
2021

Автор: д.т.н., с.н.с. Гончаров В.В. Рабочая программа дисциплины: Основы баллистики ракет-носителей и космических аппаратов. -Королев МО: «МГОТУ», 2021 г.


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

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки бакалавров 01.03.02 «Прикладная математика и информатика» и Учебного плана, утвержденного Ученым советом МГОТУ. Протокол № 13 от 22 июня 2021 года.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры:

Заведующий кафедрой (ФИО, ученая степень, звание, подпись)	Вокин Г.Г. д.т.н., профессор 	<i>Вокин Г.Г.</i> д.т.н., профессор 	<i>Вокин Г.Г.</i> д.т.н., профессор 	
Год утверждения (переутверждения)	2021	2022	2023	2024
Номер и дата протокола заседания кафедры	<i>№ 8 от</i> <i>10.06.21</i>	<i>№ 5 от</i> <i>14.06.22</i>	<i>№ 4 от</i> <i>06.04.23</i>	

Рабочая программа согласована:

Руководитель ОПОП ВО  к.т.н., доц. И.В. Бугай

Рабочая программа рекомендована на заседании УМС:

Год утверждения (переутверждения)	2021	2022	2023	2024
Номер и дата протокола заседания УМС	<i>№ 7 от</i> <i>15.06.21</i>	<i>№ 5 от</i> <i>21.06.22</i>	<i>№ 5 от</i> <i>11.04.23</i>	

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

Целью изучения дисциплины является: обучение студентов основным принципам и законам полёта ракет и других летательных аппаратов, которые необходимы при исследовании, проектировании, производстве, испытаниях и эксплуатации баллистических ракет, крылатых ракет, космических аппаратов, ракет-носителей, ракетных систем многоразового применения.

Основными **задачами** изучения дисциплины являются:

- получение знаний об основных принципах и методах исследования полёта ракет, о построении законов управления полётом, математическом моделировании полёта, выборе основных проектных параметров разрабатываемых изделий, о подготовке к производству, проведении наземных и лётных испытаний, о сдаче в эксплуатацию и сопровождении готовых изделий в эксплуатации;
- изучение основ технических устройств в ракетно-космической технике и их конструирования;
- владение общими вопросами теории движения транспортных космических систем;
- получение знаний о ракетно-космических системах и физических условиях полета в атмосфере и космосе;
- получение знаний по устройству ракет-носителей и разгонно-тормозных блоков космических аппаратов, двигательных установок ракет-носителей и разгонно-тормозных блоков космических аппаратов;
- иметь представление о простейших схемах и расчетных зависимостях, необходимых для квалифицированного выбора материалов, форм, размеров отсеков, отдельных узлов и элементов конструкций.

В процессе обучения студент приобретает и совершенствует следующие **компетенции**:

ПК-3 - способность работать в информационно-коммуникационном пространстве, проводить твердотельное компьютерное моделирование, прочностные, динамические и тепловые расчеты с использованием программных средств общего назначения;

ПК-2 - способность на основе системного подхода к проектированию разрабатывать технические задания на проектирование и конструирование систем, механизмов и агрегатов, входящих в проектируемое изделие ракетно-космического комплекса, разрабатывать технические задания на проектирование конструкций и сооружений наземного комплекса

После завершения освоения данной дисциплины студент должен:

Знать:

Основные положения и закономерности баллистики ракет и других летательных аппаратов, уравнения поступательного и вращательного движения в космосе и в атмосфере.

Уметь:

Составлять математические модели и получать решения прямой и обратной баллистических задач, получать оценки проектных параметров проектируемых ракет и других перспективных ЛА.

Владеть:

Методами анализа баллистики и синтеза законов программного управления ракетами и другими ЛА на различных отрезках траектории полёта.

Освоение дисциплины решает следующие задачи:

1. ознакомление обучающихся с ключевыми вопросами устройства ракет и космических аппаратов;
2. освоение навыков формирования системного подхода последовательности решения поставленной проблемы по определению траектории движения КА;
3. формирование способности прогнозировать условия полета баллистической цели на различных участках траектории.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Дисциплина «Основы баллистики ракет-носителей и космических аппаратов» относится к дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений, основной профессиональной образовательной программы подготовки бакалавров по направлению подготовки бакалавров 01.03.02. «Прикладная математика и информатика».

Дисциплина базируется на ранее изученной дисциплине: «Конструкции и основные системы ракет-носителей и космических аппаратов» и компетенциях: ПК-2, ПК-5.

Знания и компетенции, полученные при освоении дисциплины, являются базовыми для изучения дисциплин: «Основы построения и функционирования космических навигационных систем», «Основы построения и функционирования космических систем дистанционного зондирования Земли», «Основы построения программно-аппаратных средств для обучения персонала эксплуатации ракетно-космических объектов», «Основы технико-экономического обоснования ракетно-космических систем» и выполнения выпускной квалификационной работы бакалавра.

3. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины для обучающихся по очной форме обучения составляет 3 зачетные единицы, 108 часов.

Таблица 1

Виды занятий	Всего часов	Семестр 6	Семестр 7	Семестр 8	Семестр ...
Общая трудоемкость	108	108			
ОЧНАЯ ФОРМА ОБУЧЕНИЯ					
Аудиторные занятия	64	64	-		
Лекции (Л)	32	32	-		
Практические занятия (ПЗ)	32	32	-		
Лабораторные работы (ЛР)		-	-		
Самостоятельная работа	44	44			
Курсовые работы	-	-	-		
Контрольная работа, домашнее задание	+	+	-		
		-	-		
Текущий контроль знаний	Тест	Тест			
Вид итогового контроля, Зачет/экзамен	Зачет с оценкой	Зачет с оценкой			
ЗАОЧНАЯ ФОРМА ОБУЧЕНИЯ НЕ ПРЕДУСМОТРЕНА УЧЕБНЫМ ПЛАНОМ					

4. Содержание дисциплины

4.1. Темы дисциплины и виды занятий

Таблица 2

Наименование тем	Лекции, час,	Практ. занятия час,	Занятия в интеракт. форме, час	Код компетенций
Тема 1. Введение. Внешние условия полета ракет. Фигура и гравитационное поле Земли	2	2	1	ПК-2; ПК-3
Тема 2. Атмосфера Земли. Магнитное поле Земли.	2	2	1	ПК-2; ПК-3
Тема 3. Математические основы баллистического обеспечения полета.	4	4	1	ПК-2; ПК-3
Тема 4. Синтез программ управления движением БР на восходящем участке траектории. Решение краевых задач баллистики управляемых БР	4	4	1	ПК-2; ПК-3
Тема 5. Методы наведения баллистических ракет	2	2	1	ПК-2; ПК-3
Тема 6. Математические основы алгоритмизации обзорно-сравнительного метода при	4	4	1	ПК-2; ПК-3

наведении по эталонам местности				
Тема 7. Теоретические основы инерциальной навигации	2	2	1	ПК-2; ПК-3
Тема 8. Статистическая динамика навигационных систем.	2	2	1	ПК-2; ПК-3
Тема 9. Коррекция движения ЛА баллистического типа и баллистико-навигационного обеспечения их автономных систем управления от дополнительных источников навигационной информации.	2	2	1	ПК-2; ПК-3
Тема 10. Элемент искусственного интеллекта в системах навигации и управления полетом БР и их аппаратно-алгоритмическая реализация.	4	4	1	ПК-2; ПК-3
Тема 11. Общетеоретические основы оценки точностных характеристик движения БР.	2	2	1	ПК-2; ПК-3
Тема 12. Влияние требований по повышению точности БР на совершенствование баллистико-навигационного обеспечения полета.	2	2	1	ПК-2; ПК-3
Итого:	32	32	12	

4.2. Содержание тем дисциплины

Тема 1. Введение. Фигура и гравитационное поле Земли.

Фигура Земли и ее модели.

Потенциал силы земного тяготения и его классическое представление

Применение метода точечных масс

Тема 2. Магнитное поле Земли

Основные понятия и элементы земного магнетизма.

Математическое описание магнитного поля Земли.

Атмосфера Земли

Состав и свойства атмосферы

Стандартная атмосфера

Учет характеристик реальной атмосферы

Тема 3. Математические основы баллистического обеспечения полета.

Системы координат и методы их преобразований

Силы и моменты, действующие на БР в полете
Векторно-матричные представления уравнений движения ракет как тел переменной массы
Системы скалярных дифференциальных уравнений пространственного движения ЛА баллистического типа на активном и пассивном участках траектории.
Упрощенные уравнения движения БР
Уравнения движения БР с учетом упругих колебаний ее корпуса
Возмущенное движение БР и общая характеристика методов его исследования
Линеаризация уравнений движения
Общий подход к расчету попадающей траектории
Обзор возможных методов определения баллистических производных

Тема 4. Синтез программ управления движением БР на восходящем участке траектории

Требования, предъявляемые к программам управления и оптимизация их модельных структур
Особенности и различия в выборе программ движения БР на атмосферном и внеатмосферном участках АУТ
Программы максимальной дальности
Выбор программы движения БР с учетом характеристик точности
Особенности выбора и реализации программ движения БР с РДТТ
Решение краевых задач баллистики управляемых БР
Формулировка и общая характеристика краевых задач баллистики
Требования, предъявляемые к математическим моделям движения краевых задач баллистики
Типовая схема решения краевой баллистической задачи полета БР с моноблочной ГЧ
Особенности постановки и решения краевой баллистической задачи полета БР с разделяющейся ГЧ
Специфика решения краевых задач для БР без отсечки тяги
Вычисление баллистических производных в краевых задачах баллистики
Связь между ЧБП, задаваемыми в различных прямоугольных системах координат

Тема 5. Методы наведения баллистических ракет

Общая характеристика методов наведения БР
Принципы построения алгоритмов функционального наведения
Упрощенные линейные методы управления выключением ДУ БР
Возможные подходы к реализации терминального наведения

Алгоритмизация процедур расчета типового варианта метода терминального наведения

Метод требуемой скорости в варианте «Q-наведения»

Особенности реализации метода конечной требуемой скорости

Тема 6. Математические основы алгоритмизации обзорно-сравнительного метода при наведении по эталонам местности

Принцип построения и классификация корреляционно-экстремальных навигационных систем (КЭНС) Основы реализации многоальтернативных задач теории принятия решений в КЭНС

Корреляционно-экстремальный алгоритм фиксации прохождения ЛА района, характеризуемого аномалией геофизического

Тема 7. Теоретические основы инерциальной навигации.

Кажущееся ускорение и кажущаяся скорость БР

Принцип инерциальных измерений и основное уравнение инерциальной навигации

Общая характеристика и классификация платформенных ИНС

Особенности решения задач навигации при использовании БИНС

Основные источники и характер эволюций ошибок ИНС

Свойство неустойчивости решения основного уравнения инерциальной навигации

Начальная выставка ИНС

Тема 8. Статистическая динамика навигационных систем.

Элементы системного анализа задач навигации и управления движением

Наблюдающие устройства и алгоритмические аспекты их синтеза

Теорема разделения и ее применение при решении задач навигации и управления

Введение в теорию оптимальной фильтрации

Способы включения оптимального фильтра в контур навигационной системы

Понижение размерности фильтра в навигационных системах на основе наблюдающих устройств минимальной размерности

Беспоисковые и рекуррентно-поисковые алгоритмы оценивания навигационных координат в КЭНС

Тема. 9. Коррекция движения ЛА баллистического типа и баллистико-навигационного обеспечения их автономных систем управления от дополнительных источников навигационной информации.

Общая постановка задачи коррекции.

Градиентная и параметрическая коррекция программного движения

Коррекция движения с использованием эталонов местности

Коррекция движения от спутниковых навигационных систем

Тема 10. Элемент искусственного интеллекта в системах навигации и управления полетом БР и их аппаратно-алгоритмическая реализация

Определения, основные задачи применения и классификация

Структура и возможные принципы действия бортового сегмента интеллектуальных СУ БР

Применение систем видео-наведения и условия их эксплуатации

Характеристики системы видео-наведения

Особенности реализации алгоритмического обеспечения систем наведения

Формирование структуры системы наведения и анализ основных алгоритмических операций

Аппаратная реализация

Возможности применения обучаемых сетей

Эталонная информация и базы данных для обучения системы

Тема 11. Общетеоретические основы оценки точностных характеристик движения БР

Исходные положения статистической схемы анализа рассеивания

Характеристики точности попадания в цель

Определение характеристик рассеивания методом статистических испытаний

Тема 12. Влияние требований по повышению точности БР на совершенствование баллистико-навигационного обеспечения полета

Общая характеристика основных ошибок и априори неопределенных факторов, влияющих на точность движения БР

Погрешности геодезической привязки боевой стартовой позиции и оценка численных значений их составляющих

Влияние начальных ошибок выставки

Техническое рассеивание БР и влияние методических ошибок

Комплексный анализ составляющих рассеивания, обусловленных действием возмущающих факторов и ошибок управления.

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

1. «Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины».

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

Структура фонда оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине «Основы баллистики ракет-носителей и космических аппаратов» приведена в Приложении 1.

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

Основная литература:

1. Конструкция и проектирование изделий ракетно-космической техники. Основы проектирования ракет-носителей / В. И.; Куренков В.И., Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. акад. С. П. Королева (нац. исслед. ун-т). - Самара: Изд-во СГАУ, 2012. - 304с. [http:// rucont.ru/efd/230123](http://rucont.ru/efd/230123).

2. Введение в ракетно-космическую технику. Общие сведения: учебное пособие для студентов и аспирантов смежных специальностей Ч. 1-3 / А. П. Аверьянов, Л.Г. Азаренко, Г.Г. Вокин, Н.А. Кашеев, Л.А. Манчева, В.С. Чаплинский. - Королев МО\; КИУЭС, 2011. Библиотека «МГОТУ».

3. Охочинский, М.Н. Методы поиска новых технических решений в ракетно-космической технике: учебное пособие для вузов: учебное пособие / М.Н. Охочинский, С.А. Чириков. — СПб.: БГТУ "Военмех" им. Д.Ф. Устинова (Балтийский государственный технический университет «Военмех» имени Д.Ф. Устинова), 2010. — 71 с. — Режим доступа: [http:// e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=64106](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=64106)

Дополнительная литература:

1. Ерохин, Б.Т. Теория и проектирование ракетных двигателей: учебник. СПб.: Лань, 2015. — 597 с. — Режим доступа: [http:// e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=60037](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=60037)

2. Минашин, А.Г. Основы теории и проектирования жидкостных ракетных двигателей малой тяги: учебное пособие: в 2-х частях. Часть 2 [Электронный ресурс]: учебное пособие / А.Г. Минашин, Б.Б. Петрикевич. — Электрон. дан. — М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана (Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана), 2014. — 48 с. — Режим доступа: [http:// e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=62055](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=62055)

3. Проектирование транспортных средств специального назначения: учеб. пособие / Е.В. Воробьев, О.Е. Денисов, В.И. Кузнецов; под ред. А.Н. Совы. - М.: МАДИ, 2014. - 96 с.

4. Теория горения и взрыва: практикум: Учебное пособие / В.А. Девисилов, Т.И. Дроздова, С.С. Тимофеева. - 2 изд., перераб. и доп. - М.: Форум:

НИЦ ИНФРА-М, 2015. - 384 с.: 60x90 1/16. - (Высшее образование). (переплет)
ISBN 978-5-00091-006-1, <http://znanium.com/bookread2.php?book=489498>.

Рекомендуемая литература:

1. Динамика систем управления ракет с бортовыми цифровыми вычислительными машинами / В.Д. Аренс, С.М. Федоров, М.С. Хитрик и др.; Под ред. М.С. Хитрика и С.М. Федорова. - М.: Машиностроение, 1972.
2. Дмитриевский А.А., Лысенко Л.Н. Прикладные задачи теории оптимального управления движением беспилотных летательных аппаратов. - М.: Машиностроение, 1978.
3. Дмитриевский А.А. Внешняя баллистика. - М.: Машиностроение, 1979.
4. Дмитриевский А.А., Лысенко Л.Н., Иванов Н.М. и др. Баллистика и навигация ракет / Под ред. А.А. Дмитриевского. - М.: Машиностроение, 1985.
5. Дмитриевский А.А., Иванов Н.М., Лысенко Л.Н. Баллистика и навигация космических аппаратов. - М.: Машиностроение, 1986.
6. Дмитриевский А.А., Лысенко Л.Н. Внешняя баллистика. 4-е изд. - М.: Машиностроение, 2005.
7. Жонголович И.Д. Потенциал земного тяготения // Бюл. ин-та теор. астроном. АН СССР. 1957. Т. 6, № 8.
8. Иванов Н.М., Лысенко Л.Н., Мартынов А.И. Методы теории систем в задачах управления космическим аппаратом / Под ред. А.А. Дмитриевского. - М.: Машиностроение, 1981.
9. Иванов Н. М. , Лысенко Л.Н. Баллистика и навигация космических аппаратов. 2-е изд. - М.: Дрофа, 2004.
10. Инерциальные системы управления / Под ред. Д. Питтмана. - М.: Воениздат, 1964.
11. Ишлинский А. Ю. Инерциальное управление баллистическими ракетами. - М.: Наука, 1968.
12. Ишлинский А.Ю. Ориентация, гироскопы и навигация. - М.: Наука, 1976.
13. Казаков И.Е., Доступов Б.Г. Статистическая динамика нелинейных автоматических систем. - М.: Физматгиз, 1962.
14. Казаков И.Е. Статистическая теория систем управления в пространстве состояний. - М.: Наука, 1975.
15. Калман Р., Бьюси Р. Новые результаты в линейной фильтрации и теории предсказания // Тр. амер. об-ва инженеров-механиков. Сер. Д. 1961. Т. 83, № 1.
16. Калугин В. Т. Аэрогазодинамика органов управления полетом летательных аппаратов. - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2004.

Электронные книги:

1. Методика проектирования базы хранения и подготовки высококипящих компонентов ракетного топлива космодрома «Восточный», 2014 г. DOI: 10.7463/1114.0732218; УДК:629.7.085; 629.764.7, <http://cyberleninka.ru/article/n/metodika-proektirovaniya-bazy-hraneniya-i->

podgotovki-vysokokipyaschih-komponentov-raketnogo-topliva-kosmodroma-vostochnyu

2. Прикладная инженерия: KSP - Расчет ракеты-носителя. <http://www.youtube.com/watch?v=tmcQTm7apv0>.

Электронные ресурсы образовательной среды «МГОТУ»:

[http:// biblioclub.ru/index.php](http://biblioclub.ru/index.php)- библиоклуб (университетская библиотека);

[http:// www.znanium.com](http://www.znanium.com) - электронно-библиотечная система Znanium.com!;

[http:// e.lanbook.com](http://e.lanbook.com) -электронно-библиотечная система издательства «Лань»;

[http:// www.rucont.ru/](http://www.rucont.ru/) -Национальный цифровой ресурс Руконт - межотраслевая электронная библиотека (ЭБС);

[http:// www.polpred.com/](http://www.polpred.com/) - ООО "ПОЛПРЕД Справочники".

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

Интернет-ресурсы:

1. Информационно - правовой сервер ГАРАНТ - <http://www.garant.ru>
2. Общероссийская сеть распространения правовой информации Консультант Плюс - [http:// www.consultant.ru](http://www.consultant.ru)
3. [http:// sk.ru/foundation/space/](http://sk.ru/foundation/space/) - Кластер «Космические технологии и телекоммуникации»
4. [http:// www.gctc.ru/](http://www.gctc.ru/) - Федеральное государственное бюджетное учреждение «Научно-исследовательский испытательный Центр подготовки космонавтов имени Ю.А. Гагарина» (ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А.Гагарина»).
5. [http:// www.gost.ru/wps/portal/](http://www.gost.ru/wps/portal/) - Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт)
6. [http:// standard.gost.ru/wps/portal/](http://standard.gost.ru/wps/portal/) - Портал Росстандарта по стандартизации
7. [http:// tk.gost.ru/wps/portal/](http://tk.gost.ru/wps/portal/) - Портал технических комитетов Росстандарта
8. [http:// iso.gost.ru/wps/portal/](http://iso.gost.ru/wps/portal/) - Портал по международной стандартизации
9. [http:// iec.gost.ru/wps/portal/](http://iec.gost.ru/wps/portal/) - Портал Международной электротехнической комиссии (МЭК; англ. International Electrotechnical Commission, IEC)
10. [http:// wto.gost.ru/wps/portal/](http://wto.gost.ru/wps/portal/) - Информационный портал ВТО
11. [http:// www.easc.org.by/](http://www.easc.org.by/) - Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации
12. www.znanium.com - Электронно-библиотечная система Znanium.com.
13. [http:// eup.ru/catalog/all-all.asp](http://eup.ru/catalog/all-all.asp)– научно-образовательный портал.

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Методические указания для обучающихся, по освоению дисциплины, приведены в Приложении 2.

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

Перечень программного обеспечения: *MSOffice, AIFusion Process Modeler, RAMUS.*

Информационные справочные системы:

1. Ресурсы информационно-образовательной среды «МГОТУ»
2. Рабочая программа и методическое обеспечение по дисциплине «Основы баллистики ракет-носителей и космических аппаратов».

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

Лекционные занятия:

- аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран);
- комплект электронных презентаций/слайдов.

Практические занятия:

- компьютерный класс с проектором для интерактивного обучения, оборудованный современными лицензионными программно-техническими средствами: операционная система не ниже Windows XP; офисные программы MSOffice 7, AIFusion Process Modeler, RAMUS, рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет;
- рабочие места студентов, оснащенные компьютерами с доступом в Интернет.



Государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
Московской области

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

ИНСТИТУТ ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМ И ТЕХНОЛОГИЙ
Кафедра управления и информационных технологий в космических системах
(НИИ КС имени А.А. Максимова – филиал АО «ГКНПЦ им. М.В. Хруничева»)

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ
ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО
ДИСЦИПЛИНЕ
«ОСНОВЫ БАЛЛИСТИКИ РАКЕТ-НОСИТЕЛЕЙ И КОСМИЧЕСКИХ АП-
ПАРАТОВ»**

(Приложение 1 к рабочей программе)

Направление подготовки: 01.03.02 Прикладная математика и информатика

Профиль: Искусственный интеллект и управление в ракетно-космических системах

Уровень высшего образования: бакалавр

Форма обучения: очная

**Королёв
2021**

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

№ п/п	Индекс компетенции	Содержание компетенции (или ее части)*	Раздел дисциплины, обеспечивающий формирование компетенции (или ее части)	В результате изучения раздела дисциплины, обеспечивающего формирование компетенции (или ее части), обучающийся должен:		
				Знать	уметь	владеть
1	ПК-2	Способность продемонстрировать базовые знания математических и естественных наук, основ программирования и информационных технологий	Темы 1, 3, 6, 7, 9-12	- Основные положения и закономерности баллистики ракет и других летательных аппаратов, уравнения поступательного и вращательного движения в космосе и в атмосфере;	Составлять математические модели и получать решения прямой и обратной баллистических задач, получать оценки проектных параметров проектируемых ракет и других перспективных ЛА;	Методами анализа баллистики и синтеза законов программного управления ракетами и другими ЛА на различных отрезках траектории полёта.
2	ПК-3	Способность использовать современные методы разработки и реализации конкретных алгоритмов математических моделей на базе языков программирования и пакетов прикладных программ	Темы 1, 2, 4-7, 10, 12	Знать: - Основные положения и закономерности баллистики ракет и других летательных аппаратов, уравнения поступательного и вращательного движения в космосе и в атмосфере;.	Уметь: Составлять математические модели и получать решения прямой и обратной баллистических задач, получать оценки проектных параметров проектируемых ракет и других перспективных ЛА.	Владеть: Методами анализа баллистики и синтеза законов программного управления ракетами и другими ЛА на различных отрезках траектории полёта.

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

Код компетенции	Инструмент, оценивающий сформированность компетенции	Этапы и показатель оценивания компетенции	Критерии оценки и шкалы
ПК-2, 3	Тест	А) полностью сформирована - 5 баллов Б) частично сформирована 3-4 балла В) не сформирована – 2 и менее баллов	Тест на выявление уровня освоения теоретических знаний. Задания 2-х типов: 1 тип - выбор одного варианта ответа из предложенных, 2 тип - выбор нескольких вариантов ответов из предложенных. Ответы на тестовые задания

			<p>предполагают использование как письменного варианта ответа, так и автоматизированной системы (соответствующего программного обеспечения) тестовой оценки знаний.</p> <p>Критерии оценки определяются процентным соотношением.</p> <p>Оценка осуществляется по пятибалльной системе.</p> <p>Менее 50% правильных ответов 0 баллов, 51% -60% - 1 балл, 61% - 70% - 2 балла, 71% -80% - 3 балла, 81% -89% - 4 балла, 90% -100% - 5 баллов</p>
ПК-2, 3	Реферат.	<p>А) полностью сформирована - 5 баллов Б) частично сформирована 3-4 балла В) не сформирована – 2 и менее баллов</p>	<p>Общая оценка реферата: реферат сдан на проверку преподавателю за одну неделю до зачетного занятия (1 балл); студентом проявлена инициатива при выборе темы реферата и его написании (1 балл); работа выполнена без консультации с преподавателем (1 балл); материал представлен связно, логично и грамотно ((1 балл)); оформление в соответствии с требованиями ГОСТ (1 балл)</p>
ПК-2, 3	Презентация группового доклада	<p>А) полностью сформирована - 5 баллов Б) частично сформирована 3-4 балла В) не сформирована – 2 и менее баллов</p>	<p>Баллы, выставляемые докладчику и содокладчикам:</p> <ul style="list-style-type: none"> • сообщил новую информацию (1 балл) • использовал технические средства (1 балл) • знает и хорошо ориентируется в содержании всего доклада (1 балл) • умеет дискутировать и быстро отвечает на вопросы (1 балл) • четко выполняет установленный регламент: докладчик - 10 мин.; содокладчики - 5 мин.; дискуссия - 10 мин. (1 балл)
ПК-2, 3	Контрольная работа	<p>А) полностью сформирована - 5 баллов Б) частично сформирована 3-4 балла</p>	<p>Проводится на ПК в соответствующей среде разработки с составлением отчёта по работе.</p>

		В) не сформирована – 2 и менее баллов	<p>Критерии оценки:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Оформление в соответствии с требованиями (1 балл); 2. Соответствует методическим указаниям в части структуры (1 балл); 3. Содержание соответствует заявленной тематике (1 балл); 4. Поставленные цели и задачи достигнуты (1 балл); 5. Качественный и количественный состав использованных источников (1 балл). <p>Максимальная оценка – 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 за каждую работу.</p>
ПК-2, 3	Письменное задание	<p>А) полностью сформирована - 5 баллов</p> <p>Б) частично сформирована 3-4 балла</p> <p>В) не сформирована – 2 и менее баллов</p>	<p>Проводится на ПК в соответствующей среде разработки с составлением отчёта по работе.</p> <p>Критерии оценки:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Оформление в соответствии с требованиями (1 балл); 2. Соответствует методическим указаниям в части структуры (1 балл); 3. Содержание соответствует заявленной тематике (1 балл); 4. Поставленные цели и задачи достигнуты (1 балл); 5. Качественный и количественный состав использованных источников (1 балл). <p>Максимальная оценка – 5 баллов</p> <p>Результаты оценочной процедуры представляются обучающимся в срок не позднее 1 недели после проведения процедуры – для текущего контроля. Оценка</p>

			проставляется в электронный журнал за каждую работу.
--	--	--	--

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

1.1 Примерные темы докладов с презентацией

Презентация группового доклада, представляющий собой результат реферирования нескольких книг по определенной теме, т.е. краткий обзор основного содержания этих книг. Работа над презентацией включает в себя следующие этапы: • формулирование темы, причем она должна быть не только актуальной по своему значению, но и оригинальной, интересной по содержанию; • подбор и изучение основных источников по теме (как правило, при разработке доклада используются не менее 8—10 различных источников); • составление библиографии; • обработка и систематизация информации; • разработка плана доклада; • представление доклада

- Факторы космического полета.
- Современная космическая ракета.
- Варианты компоновки ракет.
- Многоцветный орбитальный корабль «Буран» - принципиально новый для отечественной космонавтики летательный аппарат.
- Особые качества «Бурана».
- Специальная теплозащита «Бурана».
- Объединенная двигательная установка «Бурана».
- Долговременная орбитальная станции (ДОС).
- Состав отсеков ДОС.
- Рабочий отсек ДОС.
- Переходный отсек ДОС.
- Негерметичный агрегатный отсек ДОС.
- Агрегатный отсек. ДОС.
- Система электропитания ДОС.
- Антенны радиотехнической системы сближения и стыковки «Игла».
- Транспортные космические корабли.
- Отсек научной аппаратуры ДОС.
- Солнечные батареи ДОС.
- Модули международной космической станции.
- Законы Кеплера.
- Космические орбиты
- Космические скорости.
- Модифицированный транспортный пилотируемый корабль «Союз ТМА-М».
- Основные типы космических аппаратов.
- Классификация ракет.

3.2 Примерная тематика рефератов

Реферат, представляющий собой результат реферирования нескольких книг по определенной теме, т.е. краткий обзор основного содержания этих книг. Работа над рефератом включает в себя следующие этапы: • формулирование темы, причем она должна быть не только актуальной по своему значению, но и оригинальной, интересной по содержанию; • подбор и изучение основных источников по теме (как правило, при разработке реферата используются не менее 8—10 различных источников); • составление библиографии; • обработка и систематизация информации; • разработка плана реферата; • написание реферата.

1. Принцип построения математической модели движения баллистической ракеты.
2. Система сил и моментов, определяющая полет баллистической ракеты.
3. Принцип состав пенки дифференциальных уравнений движения ракеты.
4. Общие сведения о программном полете
5. Общие сведения о баллистическом полете головной части.
6. Возмущенный полет баллистической ракеты.
7. Причины, выливающие отклонение параметров движения от требуемых.
8. Понятия о методах исследования возмущенного движения ракеты.
9. Влияние возмущений на отклонение точки падения ракеты.
10. Управление дальностью полета баллистической ракеты.
11. Управление дальностью полета. Управляющая функция.
12. Кажущиеся параметры движения.
13. Управление дальностью с помощью двух акселерометров со специальной ориентацией осей чувствительности (метод λ - μ).
14. Управление дальностью с помощью одного акселерометра со специальной ориентацией оси чувствительности.
15. Основные сведения из геодезии.
16. Форма и размеры Земли.
17. Системы координат, применяемые в геодезии.
18. Определение координат, применяемые в геодезии.
19. Определение высот точек.
20. Определение координат точек.
21. Определение величины ускорения силы тяжести.
22. Определение составляющих отклонения отвесной линии
23. Выбор параметров орбиты.
24. Расчет кинематической схемы раскрытия солнечных батарей.
Выбор траектории входа в атмосферу космического аппарата.

3.3 Примерная тематика контрольных заданий

1. Основные положения теории космического полета.
2. Системы координат.
3. Кеплеровы элементы орбиты. Текущие элементы положения космического аппарата на орбите.
4. Невозмущенное движение космического аппарата.
5. Возмущенное движение космического аппарата.
6. Влияние нецентральности поля тяготения Земли.
7. Возмущения орбиты ИСЗ, обусловленные полюсным сжатием Земли.

8. Возмущения орбиты ИСЗ, вызываемые аномалиями поля тяготения Земли.
9. Возмущения орбиты ИСЗ, обусловленные влиянием атмосферы Земли.
10. Возмущения орбиты ИСЗ, обусловленные действием третьих тел (Луны, Солнца).
11. Влияние давления солнечного света на параметры орбиты ИСЗ.
12. Оценка времени существования ИСЗ на орбите.
13. Математические модели прогнозирования движения ИСЗ.
14. Математическая модель пространственного движения ИСЗ в проекциях на оси АГЭСК.
15. Математическая модель пространственного движения ИСЗ в проекциях на оси ГОСК.
16. Математическая модель пространственного движения ИСЗ в проекциях на оси орбитальной системы координат.
17. Коррекция параметров орбиты космических аппаратов.
18. Выбор корректируемых параметров.
19. Область рассеивания в пространстве корректируемых параметров.
20. Определение импульсов скорости, необходимых для коррекции параметров траектории космического аппарата.
21. Баллистический расчет разгонного блока.
22. Плоский маневр.
23. Объемный маневр.
24. Фазирование.
25. Фазирование по схеме «Космос — Космос».
26. Фазирование за счет ожидания на старте.
27. Баллистический расчет спутников дистанционного зондирования Земли.
28. Определение основных эксплуатационных параметров дистанционного зондирования Земли.
29. Выбор высоты полета спутника дистанционного зондирования Земли.
30. Зона обзора и ширина полосы обзора.
31. Выбор угла наклона плоскости орбиты спутника.
32. Подспутниковая точка и трасса спутника.
33. Периодичность обзора земной поверхности.
34. Обеспечение заданной высоты полета спутника.
35. Ширина полосы обзора .
36. Определение гарантированной ширины полосы обзора.
37. Построение системы обзора.
38. Баллистическое проектирование спутников связи.
39. Определение зоны связи.
40. Выведение геостационарного спутника связи на орбиту.
41. Внутренний маневр.
42. Определение параметров орбиты фазирования при внутреннем маневре.
43. Выведение спутника связи на геостационарную орбиту с использованием внешнего маневра.

44. Система связи, построенная на спутниках, находящихся в зоне прямой видимости.
45. Система связи на спутниках, работающих на эллиптических орбитах.
46. Баллистический расчет спускаемых аппаратов.
47. Внеатмосферный участок полета.
48. Определение импульса скорости для схода спускаемого аппарата с орбиты и параметров в точке входа в атмосферу.
49. Сход спускаемого аппарата с орбиты при заданных параметрах точки входа в атмосферу.
50. Атмосферный участок полета.
51. Формы спускаемых аппаратов.
52. Уравнения движения спускаемого аппарата в атмосфере.
53. Расчет парашютной системы.
54. Выбор парашюта.
55. Проектирование парашютной системы.
56. Расчет парашютной системы с несколькими тормозными парашютами.
57. Расчет многокупольной парашютной системы.
58. Посадка на планету.
59. Посадка на грунт .
60. Посадка на воду.
61. Освещенность искусственного спутника Земли .
62. Продолжительность движения ИСЗ в затененной области.
63. Ориентация орбиты ИСЗ относительно Солнца в зависимости от даты старта.
64. Условия освещенности ИСЗ на эллиптических орбитах.
65. Определение условий освещенности просматриваемой территории.

3.4 Примерная тематика письменных заданий

1. Принцип построения математической модели движения баллистической ракеты.
2. Система сил и моментов, определяющая полет баллистической ракеты.
3. Принцип состав пенки дифференциальных уравнений движения ракеты.
4. Общие сведения о программном полете
5. Общие сведения о баллистическом полете головной части.
6. Возмущенный полет баллистической ракеты.
7. Причины, выливающие отклонение параметров движения от требуемых.
8. Понятия о методах исследования возмущенного движения ракеты.
9. Влияние возмущений на отклонение точки падения ракеты.
10. Управление дальностью полета баллистической ракеты.
11. Управление дальностью полета. Управляющая функция.
12. Кажущиеся параметры движения.
13. Управление дальностью с помощью двух акселерометров со специальной ориентацией осей чувствительности (метод λ - μ) .
14. Управление дальностью с помощью одного акселерометра со специальной ориентацией оси чувствительности.

15. Основные сведения из геодезии.
16. Форма и размеры Земли.
17. Системы координат, применяемые в геодезии.
18. Определение координат, применяемые в геодезии.
19. Определение высот точек.
20. Определение координат точек.
21. Определение величины ускорения силы тяжести.
22. Определение составляющих отклонения отвесной линии.
23. Атмосферный участок полета.
24. Формы спускаемых аппаратов.
25. Уравнения движения спускаемого аппарата в атмосфере.
26. Расчет парашютной системы.
27. Выбор парашюта.
28. Проектирование парашютной системы.
29. Расчет парашютной системы с несколькими тормозными парашютами.
30. Расчет многокупольной парашютной системы.
31. Посадка на планету.
32. Посадка на грунт.
33. Посадка на воду.
34. Освещенность искусственного спутника Земли.
35. Продолжительность движения ИСЗ в затененной области.

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

Формой контроля знаний по дисциплине «Основные устройства ракет и КА» являются текущий контроль знаний в виде 2-х тестов и зачета с оценкой.

Неделя текущего контроля	Вид оценочного средства	Код компетенций, оценивающих 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 1, 2	ПК-1 ПК-2	20 вопросов	Компьютерное тестирование; время, отведенное на процедуру - 40 минут	Результаты тестирования предоставляются в день проведения процедуры	Критерии оценки определяются процентным соотношением. Не явка - 0 Удовлетворительно - от 51% правильных ответов. Хорошо - от 70%. Отлично – от 90%.
по графика учебного процесса	Зачет с оценкой	ПК-1 ПК-2	3 вопроса, задание	ЗАЧЕТ проводится в письменной форме, путем ответа на вопросы.	Результаты предоставляются в день проведения экзамена	Критерии оценки: « Отлично »: знание основных понятий предмета;

				<p>Время, отве- денное на про- цедуру – 45 минут.</p>		<p>умение использовать и применять полученные знания на практике; работа на практических занятиях; знание основных научных теорий, изучаемых предметов; ответ на вопросы билета.</p> <p>«Хорошо»:</p> <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; •ответы на вопросы билета •неправильно решено практическое задание <p>«Удовлетворительно»: демонстрирует частичные знания по темам дисциплин; незнание неумение использовать и применять полученные знания на практике; не работал на практических занятиях; Неудовлетворительно»: демонстрирует частичные знания по темам дисциплин; незнание основных понятий предмета; неумение использовать и применять полученные знания на практике; не работал на практических занятиях; не отвечает на вопросы.</p>
--	--	--	--	---	--	---

4.1. Типовые вопросы, выносимые на тестирование

Тесты используются при текущем контроле знаний. По форме заданий выбраны закрытые тесты (с выборочным ответом).

1. **Принцип реактивного движения, открыт:**
Исааком Ньютоном;

К.Э. Циолковским;
С.П. Королевым;
В.П. Глушко.

- 2. Приборы ориентации разделяются по характеру использования их в составе КА на:**
 - космические;
 - лабораторные;
 - автоматические;
 - визуальные.

- 3. Приборы ориентации и навигации по типам используемых ими астроориентиров подразделяются на астроприборы, ориентирующиеся по...**
 - звездам;
 - Земле;
 - Солнцу;
 - технической документации.

- 4. Принцип реактивного движения открыт Исааком Ньютоном в...**
 - 1892 году;
 - 1686 году;
 - 1910 году;
 - 1938 году.

- 5. В современных ракетах используются реактивные двигатели, работающие...**
 - только на твердом топливе;
 - только на жидком топливе;
 - только на атомном топливе;
 - как на твёрдом, так и на жидком химическом топливе.

- 6. Ракетные топлива оцениваются не только по скорости истечения газов, но и по....**
 - взрывной безопасности;
 - удельному весу;
 - стоимости;
 - ядовитости.

- 7. Виды посадки космических кораблей:**
 - Воздухоочистительная посадка;
 - жёсткая посадка, происходящая без гашения скорости корабля;
 - грубая посадка с частичным замедлением скорости;
 - мягкая посадка корабля.

- 8. Лист дюралюминия толщиной 1 мм пробивается любым метеоритом диаметром:**
0,2 мм и более;
0,005 мкм и менее;
менее 0,05 мкм;
не пробивается.
- 9. Стальная обшивка толщиной 3 мм пробивается метеоритом диаметром...**
более 1 мм;
0,005 мкм и менее;
менее 0,05 мкм;
не пробивается.
- 10. Сталь толщиной 12 мм может быть пробита метеоритом диаметром...**
менее 1 мм;
0,5 см;
менее 100 мкм;
не пробивается.
- 11. Существующая отечественная система средств выведения КА включает ракетно-космические комплексы (РКК) с ракетами-носителями, относящимся по принятой у нас классификации классам...**
не видимому;
легкому;
среднему;
тяжелому.
- 12. К легкому классу относятся ракетносители со стартовой массой...**
до 10 т;
до 100 т;
до 200 т;
свыше 1000 т.
- 13. К легкому классу относятся ракетносители со стартовой массой полезной нагрузки...**
до 10 кг;
до 100 кг;
до 1 т;
до 3,6 т;
- 14. К легкому классу относятся ракетносители с околоземной орбитой ...**
до 10 км;

до 50 км;
до 150 км;
до 400 км.

- 15. Основными частями космической ракеты являются:**
корпус;
двигатели;
система управления;
экипаж.
- 16. Первым космическим зондом, покинувшим пределы Солнечной системы стал...**
«Пионер-10»;
«Луна -22»;
«Викинг -4»;
«Протон-5».
- 17. На поверхность Луны первым опустился космический аппарат ...**
«Луна-9»;
«Пионер-10»;
«Викинг -4»;
«Протон-5».
- 18. На поверхность Луны впервые опустился космический аппарат в...**
1957 году;
1961 году;
1966 году;
1981 году.
- 19. Искусственный космический спутник — это...**
беспилотный аппарат;
не испытанный аппарат;
пилотируемый одним космонавтом аппарат;
аппарат, пилотируемый несколькими членами экипажа.
- 20. Система САС КК "Союз" показала свою эффективность на практике, обеспечив спасение экипажа при аварии РН в 1983 г...**
на участке выведения на орбиту;
при аварии на старте;
при выходе экипажа в открытый космос;
при приземлении.
- 21. Орбита называется геостационарной, если...**
спутник опережает вращение Земли;
спутник движется с меньшей скоростью, чем вращение Земли;
спутник покидает Солнечную систему

спутник неподвижен по отношению к Земле.

22. Спутник, летящий над экватором на высоте 35 880 км. совершает полный виток

- ровно за 12 часов;
- ровно за 24 часа;
- ровно за 36 часов;
- ровно за 48 часов.

23. Космический челнок — это...

- пилотируемый корабль, который можно использовать много раз;
- непилотируемый корабль одноразового использования;
- космический зонд;
- орбитальная станция.

24. Космический челнок при возвращении на Землю сбрасывает скорость и под действием притяжения Земли начинает...

- опускаться по спирали;
- падать вертикально вниз;
- запускать маршевые двигатели;
- освободиться от разгонных блоков.

25. Система САС КК "Союз" показала свою эффективность на практике, обеспечив спасение экипажа при аварии РН в 1975 г...

- на участке выведения на орбиту;
- при аварии на старте;
- при выходе экипажа в открытый космос;
- при приземлении.

Типовые вопросы, выносимые на зачет

1. Фигура и гравитационное поле Земли.
2. Фигура Земли и ее модели.
3. Потенциал силы земного тяготения и его классическое представление
4. Применение метода точечных масс
5. Магнитное поле Земли. Основные понятия и элементы земного магнетизма.
6. Математическое описание магнитного поля Земли.
7. Атмосфера Земли. Состав и свойства атмосферы
8. Стандартная атмосфера. Учет характеристик реальной атмосферы
9. Математические основы баллистического обеспечения полета.
10. Системы координат и методы их преобразований.
11. Силы и моменты, действующие на БР в полете.
12. Векторно-матричные представления уравнений движения ракет как тел переменной массы.

13. Системы скалярных дифференциальных уравнений пространственного движения ЛА баллистического типа на активном и пассивном участках траектории.
14. Упрощенные уравнения движения БР
15. Уравнения движения БР с учетом упругих колебаний ее корпуса
16. Возмущенное движение БР и общая характеристика методов его исследования
17. Линеаризация уравнений движения
18. Общий подход к расчету попадающей траектории
19. Обзор возможных методов определения баллистических производных
20. Синтез программ управления движением БР на восходящем участке траектории
21. Требования, предъявляемые к программам управления и оптимизация их модельных структур
22. Особенности и различия в выборе программ движения БР на атмосферном и внеатмосферном участках АУТ
23. Программы максимальной дальности. Выбор программы движения БР с учетом характеристик точности.
24. Особенности выбора и реализации программ движения БР с РДТТ.
25. Решение краевых задач баллистики управляемых БР.
26. Формулировка и общая характеристика краевых задач баллистики.
27. Требования, предъявляемые к математическим моделям движения краевых задач баллистики.
28. Типовая схема решения краевой баллистической задачи полета БР с моноблочной ГЧ.
29. Особенности постановки и решения краевой баллистической задачи полета БР с разделяющейся ГЧ.
30. Специфика решения краевых задач для БР без отсечки тяги.
31. Вычисление баллистических производных в краевых задачах баллистики.
32. Связь между ЧБП, задаваемыми в различных прямоугольных системах координат.
33. Методы наведения баллистических ракет. Общая характеристика методов наведения БР.
34. Принципы построения алгоритмов функционального наведения.
35. Упрощенные линейные методы управления выключением ДУ БР.
36. Возможные подходы к реализации терминального наведения.
37. Алгоритмизация процедур расчета типового варианта метода терминального наведения.
38. Метод требуемой скорости в варианте «Q-наведения».
39. Особенности реализации метода конечной требуемой скорости.
40. Предпосылки необходимости и технической реализуемости процессов самонаведения БР и их ББ.
41. Кинематический анализ основных свойств траекторий наведения и общие сведения о методах самонаведения.

42. Теоретические основы метода пропорциональной навигации в общем случае учета маневра цели.
43. Динамика самонаведения при реализации метода пропорциональной навигации.
44. Математические основы алгоритмизации обзорно-сравнительного метода при наведении по эталонам местности.
45. Принцип построения и классификация корреляционно-экстремальных навигационных систем (КЭНС) Основы реализации многоальтернативных задач теории принятия решений в КЭНС.
46. Корреляционно-экстремальный алгоритм фиксации прохождения ЛА района, характеризуемого аномалией геофизического
47. Теоретические основы инерциальной навигации.
48. Кажущееся ускорение и кажущаяся скорость БР. Принцип инерциальных измерений и основное уравнение инерциальной навигации.
49. Общая характеристика и классификация платформенных ИНС. Особенности решения задач навигации при использовании БИНС Основные источники и характер эволюций ошибок ИНС. Свойство неустойчивости решения основного уравнения инерциальной навигации. Начальная выставка ИНС.
50. Статистическая динамика навигационных систем.
51. Элементы системного анализа задач навигации и управления движением.
52. Наблюдающие устройства и алгоритмические аспекты их синтеза. Теорема разделения и ее применение при решении задач навигации и управления.
53. Введение в теорию оптимальной фильтрации. Способы включения оптимального фильтра в контур навигационной системы. Понижение размерности фильтра в навигационных системах на основе наблюдающих устройств минимальной размерности.
54. Без поисковые и рекуррентно-поисковые алгоритмы оценивания навигационных координат в КЭНС.
55. Коррекция движения ЛА баллистического типа и баллистико-навигационного обеспечения их автономных систем управления от дополнительных источников навигационной информации.
56. Общая постановка задачи коррекции. Градиентная и параметрическая коррекция программного движения. Коррекция движения с использованием эталонов местности.
57. Коррекция движения от спутниковых навигационных систем
58. Элемент искусственного интеллекта в системах навигации и управления полетом БР и их аппаратно-алгоритмическая реализация
59. Определения, основные задачи применения и классификация
60. Структура и возможные принципы действия бортового сегмента интеллектуальных СУ БР
61. Применение систем видео наведения и условия их эксплуатации
62. Характеристики системы видео наведения.
63. Особенности реализации алгоритмического обеспечения систем наведения
64. Формирование структуры системы наведения и анализ основных алгоритмических операций
65. Аппаратная реализация

66. Возможности применения обучаемых сетей
67. Эталонная информация и базы данных для обучения системы
68. Общетеоретические основы оценки точностных характеристик движения БР
69. Исходные положения статистической схемы анализа рассеивания
70. Характеристики точности попадания в цель
71. Определение характеристик рассеивания методом статистических испытаний
72. Влияние требований по повышению точности БР на совершенствование баллистико-навигационного обеспечения полета
73. Общая характеристика основных ошибок и априори неопределенных факторов, влияющих на точность движения БР
74. Погрешности геодезической привязки боевой стартовой позиции и оценка численных значений их составляющих
75. Влияние начальных ошибок выставки
76. Техническое рассеивание БР и влияние методических ошибок
77. Комплексный анализ составляющих рассеивания, обусловленных действием возмущающих факторов и ошибок управления



Государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
Московской области

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

ИНСТИТУТ ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМ И ТЕХНОЛОГИЙ
Кафедра управления и информационных технологий в космических системах
(НИИ КС имени А.А. Максимова – филиал АО «ГКНПЦ им. М.В. Хруничева»)

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО
ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

**«ОСНОВЫ БАЛЛИСТИКИ РАКЕТ-НОСИТЕЛЕЙ
И КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ»**

(Приложение 2 к рабочей программе)

Направление подготовки: 01.03.02 Прикладная математика и информатика

Профиль: Искусственный интеллект и управление в ракетно-космических системах

Уровень высшего образования: бакалавр

Форма обучения: очная

**Королёв
2021**

1. Общие положения

Целью изучения дисциплины является: обучение студентов основным принципам и законам полёта ракет и других летательных аппаратов, которые необходимы при исследовании, проектировании, производстве, испытаниях и эксплуатации баллистических ракет, крылатых ракет, космических аппаратов, ракет-носителей, ракетных систем многоразового применения, воздушно-космических самолётов, систем противовоздушной, противоракетной и противокосмической обороны, беспилотных летательных аппаратов, разгонных ступеней, спускаемых аппаратов, систем авиационно-ракетного и тактического вооружения и других перспективных летательных и космических аппаратов.

Основными **задачами** изучения дисциплины являются:

- получение знаний об основных принципах и методах исследования полёта ракет, о построении законов управления полётом, математическом моделировании полёта, выборе основных проектных параметров разрабатываемых изделий, о подготовке к производству, проведении наземных и лётных испытаний, о сдаче в эксплуатацию и сопровождении готовых изделий в эксплуатации;
- изучение основ технических устройств в ракетно-космической технике и их конструирования;
- владение общими вопросами теории движения транспортных космических систем;
- получение знаний о ракетно-космических системах и физических условиях полета в атмосфере и космосе;
- получение знаний по устройству ракет-носителей и разгонно-тормозных блоков космических аппаратов, двигательных установок ракет-носителей и разгонно-тормозных блоков космических аппаратов;
- иметь представление о простейших схемах и расчетных зависимостях, необходимых для квалифицированного выбора материалов, форм, размеров отсеков, отдельных узлов и элементов конструкций.

2. Указания по проведению практических (семинарских) занятий

Практическое занятие 1.

Внешние условия полета ракет.

Фигура и гравитационное поле Земли

Продолжительность занятия – 2 ч.

Практическое занятие 2.

Тема 2. Атмосфера Земли.

Магнитное поле Земли.

Продолжительность занятия – 2 ч.

Практическое занятие 3-4.

Математические основы баллистического обеспечения полета.
Продолжительность занятия – 4 ч.

Практическое занятие 5-6.

Синтез программ управления движением БР на восходящем участке траектории. Решение краевых задач баллистики управляемых БР.
Продолжительность занятия – 4 ч.

Практическое занятие 7.

Тема 5. Методы наведения баллистических ракет
Вид практического занятия: практическая работа в группах.
Продолжительность занятия – 2 ч.

Практическое занятие 8-9.

Тема. 7. Математические основы алгоритмизации обзорно-сравнительного метода при наведении по эталонам местности
Вид практического занятия: практическая работа в группах.
Продолжительность занятия – 4 ч.

Практическое занятие 10.

Тема. 8. Теоретические основы инерциальной навигации
Вид практического занятия: практическая работа в группе.
Продолжительность занятия – 2 ч.

Практическое занятие 11.

Статистическая динамика навигационных систем.
Вид практического занятия: практическая работа в группе.
Тема: формирование схемы полета.
Содержание практического занятия: выбор параметров орбиты и режимов полета.
Цель работы: определение оптимальной схемы полета.
Продолжительность занятия – 2 ч.

Практическое занятие 12.

Коррекция движения ЛА баллистического типа и баллистико-навигационного обеспечения их автономных систем управления от дополнительных источников навигационной информации.
Вид практического занятия: практическая работа в группах.
Продолжительность занятия – 2 ч.

Практическое занятие 13-14.

Элемент искусственного интеллекта в системах навигации и управления полетом БР и их аппаратно-алгоритмическая реализация.
Продолжительность занятия – 4 ч.

Практическое занятие 15.

Общетеоретические основы оценки точностных характеристик движения БР.
Продолжительность занятия – 2 ч.

Практическое занятие 16.

Влияние требований по повышению точности БР на совершенствование баллистико-навигационного обеспечения полета.

Вид практического занятия: практическая работа в группах.

Цель работы: получить знания об обеспечении безопасности полета КА.

Продолжительность занятия – 2 ч.

3. Указания по проведению лабораторного практикума

Выполнение лабораторного практикума Учебным планом не предусмотрено.

4. Указания по проведению самостоятельной работы студентов

Цель самостоятельной работы: подготовить специалистов к самостоятельному научному творчеству.

Задачи самостоятельной работы:

1) закрепить способность обучающихся в самостоятельном изучении научной литературы, умении уяснить сущность изучаемого вопроса, формулировать выводы;

2) систематизировать знания в области анализа и моделирования бизнес-процессов;

3) овладеть навыками подготовки докладов и электронных презентаций.

№ п/п	Наименование блока (раздела) дисциплины	Виды СРС
1.	Основы полета КА	Подготовка докладов по темам: 1. Принцип построения математической модели движения баллистической ракеты. 2. Система сил и моментов, определяющая полет баллистической ракеты. 3. Принцип состав пенки дифференциальных уравнений движению ракеты. 4. Общие сведения о программном полете 5. Общие сведения о баллистическом полете головной части. 6. Возмущенный полет баллистической ракеты. 7. Причины, выливающие отклонение параметров движения от требуемых.
2.	Параметры управления и возмущённого движения ракеты.	Подготовка докладов по темам: 1. Понятия о методах исследования возмущенного движения ракеты. 2. Влияние возмущений на отклонение точки падения ракеты. 3. Управление дальностью полета баллистической ракеты. 4. Управление дальностью полета. Управляющая функция. 5. Кажущиеся параметры движения. 6. Управление дальностью с помощью двух акселерометров со специальной ориентацией осей чувствительности (метод λ - μ).

		Управление дальностью с помощью одного акселерометра со специальной ориентацией оси чувствительности.
3	Геодезия Земли. Освещенность КА.	Подготовка докладов по темам: 1. Основные сведения из геодезии. 2. Форма и размеры Земли. 3. Системы координат, применяемые в геодезии. 4. Расчет кинематической схемы раскрытия солнечных батарей..
4	Определение параметров орбит и траекторий КА.	Подготовка докладов по темам: 1. Определение координат, применяемые в геодезии. 2. Определение высот точек. 3. Определение координат точек. 4. Определение величины ускорения силы тяжести. 5. Определение составляющих отклонения отвесной линии 6. Выбор параметров орбиты. 7. Выбор траектории входа в атмосферу космического аппарата

Объем времени на самостоятельную работу, и виды самостоятельной работы представлены в таблице 1.

Таблица 1

Объем времени и виды самостоятельной работы

Виды самостоятельной работы	Очная форма обучения
	Всего академических часов
Всего часов на самостоятельную работу	44
Вопросы, выносимые на самостоятельное изучение	14
Подготовка к практическим занятиям	10
Подготовка докладов	10
Выполнение практических заданий	10

5. Указания по проведению контрольных работ для студентов

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 (основной части)

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

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.

3. Основная часть работы включает 2 - 4 вопроса, каждый из которых посвящается решению задач, сформулированных во введении, и заканчивается констатацией итогов.

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

5. Необходимо давать ссылки на используемую литературу.

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

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 – 10-12 страниц формата А 4, напечатанного с одной стороны текста (1,5 интервал, шрифт TimesNewRoman)

6. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Основная литература:

1. Конструкция и проектирование изделий ракетно-космической техники. Основы проектирования ракет-носителей / В. И.; Куренков В.И., Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. акад. С. П. Королева (нац. исслед. ун-т). - Самара: Изд-во СГАУ, 2012. - 304с. [http:// rucont.ru/efd/230123](http://rucont.ru/efd/230123).

2. Введение в ракетно-космическую технику. Общие сведения: учебное пособие для студентов и аспирантов смежных специальностей Ч. 1-3 / А. П. Аверьянов, Л.Г. Азаренко, Г.Г. Вокин, Н.А. Кашеев, Л.А. Манчева, В.С. Чаплинский. - Королев МО\; КИУЭС, 2011. Библиотека «МГОТУ».

3. Охочинский, М.Н. Методы поиска новых технических решений в ракетно-космической технике: учебное пособие для вузов: учебное пособие / М.Н. Охочинский, С.А. Чириков. — СПб.: БГТУ "Военмех" им. Д.Ф. Устинова (Балтийский государственный технический университет «Военмех» имени Д.Ф. Устинова), 2010. — 71 с. — Режим доступа: [http:// e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=64106](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=64106)

Дополнительная литература:

5. Ерохин, Б.Т. Теория и проектирование ракетных двигателей: учебник. СПб.: Лань, 2015. — 597 с. — Режим доступа: [http:// e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=60037](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=60037)

6. Минашин, А.Г. Основы теории и проектирования жидкостных ракетных двигателей малой тяги: учебное пособие: в 2-х частях. Часть 2 [Электронный ресурс]: учебное пособие / А.Г. Минашин, Б.Б. Петрикевич. — Электрон. дан. — М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана (Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана), 2014. — 48 с. — Режим доступа: [http:// e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=62055](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=62055)

7. Проектирование транспортных средств специального назначения: учеб. пособие / Е.В. Воробьев, О.Е. Денисов, В.И. Кузнецов; под ред. А.Н. Совы. - М.: МАДИ, 2014. - 96 с.

8. Теория горения и взрыва: практикум: Учебное пособие / В.А. Девисилов, Т.И. Дроздова, С.С. Тимофеева. - 2 изд., перераб. и доп. - М.: Форум: НИЦ ИНФРА-М, 2015. - 384 с.: 60x90 1/16. - (Высшее образование). (переплет) ISBN 978-5-00091-006-1, [http:// znanium.com/bookread2.php?book=489498](http://znanium.com/bookread2.php?book=489498).

Рекомендуемая литература:

17. Динамика систем управления ракет с бортовыми цифровыми вычислительными машинами / В.Д. Аренс, С.М. Федоров, М.С. Хитрик и др.; Под ред. М.С. Хитрика и С.М. Федорова. - М.: Машиностроение, 1972.
18. Дмитриевский А.А., Лысенко Л.Н. Прикладные задачи теории оптимального управления движением беспилотных летательных аппаратов. - М.: Машиностроение, 1978.
19. Дмитриевский А.А. Внешняя баллистика. - М.: Машиностроение, 1979.
20. Дмитриевский А.А., Лысенко Л.Н., Иванов Н.М. и др. Баллистика и навигация ракет / Под ред. А.А. Дмитриевского. - М.: Машиностроение, 1985.
21. Дмитриевский А.А., Иванов Н.М., Лысенко Л.Н. Баллистика и навигация космических аппаратов. - М.: Машиностроение, 1986.
22. Дмитриевский А.А., Лысенко Л.Н. Внешняя баллистика. 4-е изд. - М.: Машиностроение, 2005.
23. Жонголович И.Д. Потенциал земного тяготения // Бюл. ин-та теор. астроном. АН СССР. 1957. Т. 6, № 8.
24. Иванов Н.М., Лысенко Л.Н., Мартынов А.И. Методы теории систем в задачах управления космическим аппаратом / Под ред. А.А. Дмитриевского. - М.: Машиностроение, 1981.
25. Иванов Н. М. , Лысенко Л.Н. Баллистика и навигация космических аппаратов. 2-е изд. - М.: Дрофа, 2004.
26. Инерциальные системы управления / Под ред. Д. Питтмана. - М.: Воениздат, 1964.
27. Ишлинский А. Ю. Инерциальное управление баллистическими ракетами. - М.: Наука, 1968.
28. Ишлинский А.Ю. Ориентация, гироскопы и навигация. - М.: Наука, 1976.
29. Казаков И.Е., Доступов Б.Г. Статистическая динамика нелинейных автоматических систем. - М.: Физматгиз, 1962.
30. Казаков И.Е. Статистическая теория систем управления в пространстве состояний. - М.: Наука, 1975.
31. Калман Р., Бьюси Р. Новые результаты в линейной фильтрации и теории предсказания // Тр. амер. об-ва инженеров-механиков. Сер. Д. 1961. Т. 83, № 1.
32. Калугин В. Т. Аэрогазодинамика органов управления полетом летательных аппаратов. - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2004.

Электронные книги:

1. Методика проектирования базы хранения и подготовки высококипящих компонентов ракетного топлива космодрома «Восточный», 2014 г. DOI: 10.7463/1114.0732218; УДК:629.7.085; 629.764.7, <http://cyberleninka.ru/article/n/metodika-proektirovaniya-bazy-hraneniya-i-podgotovki-vysokokipyaschih-komponentov-raketnogo-topлива-kosmodroma-vostochnyy>

2. Прикладная инженерия: KSP - Расчет ракеты-носителя. <http://www.youtube.com/watch?v=tmcQTm7apv0>.

Электронные ресурсы образовательной среды «МГОТУ»:

[http:// biblioclub.ru/index.php](http://biblioclub.ru/index.php)- библиоклуб (университетская библиотека);
[http:// www.znanium.com](http://www.znanium.com) - электронно-библиотечная система Znanium.com!;
[http:// e.lanbook.com](http://e.lanbook.com) -электронно-библиотечная система издательства «Лань»;
[http:// www.rucont.ru/](http://www.rucont.ru/) -Национальный цифровой ресурс Руконт - межотраслевая электронная библиотека (ЭБС);
[http:// www.polpred.com/](http://www.polpred.com/) - ООО "ПОЛПРЕД Справочники".

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

Интернет-ресурсы:

14. Информационно - правовой сервер ГАРАНТ - <http://www.garant.ru>
- 15.Общероссийская сеть распространения правовой информации Консультант Плюс - [http:// www.consultant.ru](http://www.consultant.ru)
- 16.[http:// sk.ru/foundation/space/](http://sk.ru/foundation/space/) - Кластер «Космические технологии и телекоммуникации»
17. [http:// www.gctc.ru/](http://www.gctc.ru/) - Федеральное государственное бюджетное учреждение «Научно-исследовательский испытательный Центр подготовки космонавтов имени Ю.А. Гагарина» (ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А.Гагарина»).
- 18.[http:// www.gost.ru/wps/portal/](http://www.gost.ru/wps/portal/) - Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт)
19. [http:// standard.gost.ru/wps/portal/](http://standard.gost.ru/wps/portal/) - Портал Росстандарта по стандартизации
- 20.[http:// tk.gost.ru/wps/portal/](http://tk.gost.ru/wps/portal/) - Портал технических комитетов Росстандарта
- 21.[http:// iso.gost.ru/wps/portal/](http://iso.gost.ru/wps/portal/) - Портал по международной стандартизации
- 22.[http:// iec.gost.ru/wps/portal/](http://iec.gost.ru/wps/portal/) - Портал Международной электротехнической комиссии (МЭК; англ. International Electrotechnical Commission, IEC)
23. [http:// wto.gost.ru/wps/portal/](http://wto.gost.ru/wps/portal/) - Информационный портал ВТО
24. [http:// www.easc.org.by/](http://www.easc.org.by/) - Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации
- 25.www.znanium.com - Электронно-библиотечная система Znanium.com.
- 26.[http:// eup.ru/catalog/all-all.asp](http://eup.ru/catalog/all-all.asp)– научно-образовательный портал.

8 Перечень информационных технологий

Перечень программного обеспечения: *MSOffice, AIFusion Process Modeler, RAMUS.*

Информационные справочные системы:

1. Ресурсы информационно-образовательной среды «МГОТУ».
2. Рабочая программа и методическое обеспечение по дисциплине «Основы баллистики ракет-носителей и космических аппаратов».