

Документ подписан простой электронной подписью Информация о владельце: ФИО: Таскаев Сергей Валерьевич Должность: Ректор	МИНОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИИ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)	
Дата подписания: 24.05.2026 00:44:42 Уникальный программный ключ: 891934b8c2c17b8350cbe51cdda5098e877a1f3	Рабочая программа дисциплины "Математические модели динамики движения ракет и отделяемых элементов" по направлению подготовки (специальности) 01.04.02 "Прикладная математика и информатика" направленности (профиль) Методы математического моделирования в ракетно-космической технике ФГБОУ ВО «ЧелГУ»	стр. 1

Рабочая программа дисциплины (модуля)*

Математические модели динамики движения ракет и отделяемых элементов

Направление подготовки (специальность)

01.04.02 Прикладная математика и информатика

Направленность (профиль)

Методы математического моделирования в ракетно-космической технике

Присваиваемая квалификация (степень)

магистр

Форма обучения

очная

Год(ы) набора 2026

*Рабочая программа дисциплины (модуля) адаптирована для инклюзивного обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

Миасс 2026 г.



Содержание

1. Цели освоения дисциплины
2. Место дисциплины в структуре ОПОП
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля)
4. Объем дисциплины (модуля)
5. Структура и содержание дисциплины (модуля)
6. Фонд оценочных средств
 - 6.1. Перечень видов оценочных средств
 - 6.2. Типовые контрольные задания и иные материалы для текущей аттестации
 - 6.3. Типовые контрольные вопросы и задания для промежуточной аттестации
 - 6.4. Критерии оценивания
7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)
 - 7.1. Рекомендуемая литература
 - 7.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет"
 - 7.3. Перечень информационных технологий
8. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)
10. Специальные условия освоения дисциплины обучающимися с инвалидностью и ограниченными возможностями здоровья



1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью дисциплины является знакомство с задачами, приводящими к построению математических моделей движения летательных аппаратов, методами их аналитического и численного решения, знакомство магистрантов с постановками задач оптимизации математических моделей движения, основными теоретическими и практическими результатами решения этих задач.

Задачи дисциплины:

– показать возможности математического аппарата, ранее изученного обучающимися, для описания задач механики движения летательных аппаратов (ЛА);

– дать описание математических моделей систем ЛА и моделей внешней среды, в которой происходит движение ЛА, провести их качественное и количественное объяснение, обратить внимание на прикладную составляющую изучаемых процессов.

Результаты обучения по дисциплине направлены на достижение следующих индикаторов:

ПК-3.1. Знает основы теории движения космических аппаратов, математические методы разработки алгоритмов и моделирования полетов космических аппаратов.

ПК-3.2. Демонстрирует умение разрабатывать модели динамики движения, аэродинамики, баллистики и управления полетом космических аппаратов.

ПК-3.3. Имеет навыки разработки алгоритмов решения задач аэрогазодинамики, гидродинамики, баллистики и управления полетом космических аппаратов.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Цикл (раздел) ОПОП: Б1.В.ДВ.02.02

2.1 Требования к предварительной подготовке обучающегося:

Дисциплина базируется на знаниях следующих дисциплин: «Математический анализ», «Теоретическая механика», «Дифференциальные уравнения», «Численные методы», «Теория вероятности и математическая статистика».

Математическое моделирование в аэрогазодинамике

Математическое моделирование в гидродинамике

Теория моделирования физических процессов

Аэрогазодинамика и теплозащита ракет

Аэрогазодинамический эксперимент

2.2 Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:

Знания, полученные в процессе изучения дисциплины «Математические модели динамики движения ракет и отделяемых элементов» будут использованы при прохождении практики по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности, преддипломной практики и при выполнении выпускной квалификационной работы.

Выполнение и защита выпускной квалификационной работы

Математические методы проектирования ракет

Учебная практика (технологическая (проектно-технологическая) практика)

Производственная практика (преддипломная практика)

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

ПК-3: Способен к разработке алгоритмов решения задач динамики, баллистики и управления полетом космических аппаратов

Знать:

основные понятия и методы математического моделирования динамики движения ракет и отделяемых элементов; основные концепции и принципы теорий, связанных с моделированием динамики полёта ЛА; подходы использования современных моделей управления полётом ЛА; принципы выбора методов и средств изучения моделей наведения отделяемых элементов.

Уметь:



применять новые знания в математическом моделировании динамики полёта ЛА; использовать современные теории, методы и средства прикладной математики и информационных технологий для решения научно-исследовательских и прикладных баллистических задач; использовать современные теории прикладной математики для решения научно-исследовательских и прикладных задач управления полётами; осуществлять концептуальный анализ и формирование онтологического базиса при решении научных и прикладных задач управления полётами ЛА.

Владеть:

использования и применения углубленных теоретических и практических знаний в области моделирования динамики полёта ЛА; применения методов исследования систем управления полётом ЛА; математических методов исследования процессов наведения отделяемых элементов; навыками использования методов математического, имитационного и информационного моделирования динамики полётов ЛА.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен

3.1	Знать:
3.1.1	основные понятия и методы математического моделирования динамики движения ракет и отделяемых
3.1.2	элементов; основные концепции и принципы теорий, связанных с моделирование динамики полёта ЛА;
3.1.3	подходы использования современных моделей управления полётом ЛА; принципы выбора методов и средств
3.1.4	изучения моделей наведения отделяемых элементов.
3.2	Уметь:
3.2.1	применять новые знания в математическом моделировании динамики полёта ЛА; использовать современные
3.2.2	теории, методы и средства прикладной математики и информационных технологий для решения
3.2.3	научно-исследовательских и прикладных баллистических задач; использовать современные теории прикладной
3.2.4	математики для решения научно-исследовательских и прикладных задач управления полётами; осуществлять
3.2.5	концептуальный анализ и формирование онтологического базиса при решении научных и прикладных задач
3.2.6	управления полётами ЛА.
3.3	Владеть:
3.3.1	использования и применения углубленных теоретических и практических знаний в области моделирования
3.3.2	динамики полёта ЛА; применения методов исследования систем управления полётом ЛА; математических
3.3.3	методов исследования процессов наведения отделяемых элементов; навыками использования методов
3.3.4	математического, имитационного и информационного моделирования динамики полётов ЛА.

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Общая трудоемкость		3 ЗЕТ
Часов по учебному плану	: 108	Виды контроля в семестрах: зачеты 3
в том числе	:	
аудиторные занятия	: 32	
самостоятельная работа	: 75,8	
:	:	
контактная работа:	32,2	
ИКР:	0,2	

5. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Литература
	Раздел 1. Параболическая и эллиптическая теория.			



1.1	<p>Введение в предмет «Математические модели динамики движения ракет и отделяемых элементов». История развития динамики полета ЛА. Основные задачи динамики полета ЛА. Баллистическая вычислительная модель.</p> <p>Параболическая теория и ее приложения. Уравнения движения ЛА в плоскопараллельном гравитационном поле. Свойства траектории ЛА в условиях плоскопараллельного поля сил. Формула дальности полета. Производные конечных параметров движения по начальным условиям. Теория невозмущенного кеплерова движения (Эллиптическая теория). Законы Кеплера. Первые интегралы движения (интеграл площадей, интеграл Лапласа, интеграл энергии). Уравнение эллиптической орбиты. Истинная аномалия. Формулы для параметра орбиты и эксцентриситета. Скорость орбитального движения. Радиальная и трансверсальная компоненты скорости. Характеристики орбитального движения в трехмерном пространстве (долгота восходящего узла, наклонение орбиты, аргумент широты перицентра).</p> <p>/Лек/</p>	3	2	Л1.1Л2.1 Э1 Э2
1.2	<p>Практические задачи эллиптической теории. Уравнение Кеплера и методы его решения. Эксцентрическая аномалия. Взаимосвязь между эксцентрической и истинной аномалиями. Определение параметров движения на заданном расстоянии от центра Земли. Определение параметров в заданный момент времени. Выражение параметров движения в произвольной точке, заданной истинной аномалией, через вектор начального состояния. Прямая баллистическая задача. Обратная баллистическая задача. Оптимальный угол бросания.</p> <p>/Пр/</p>	3	4	Л1.1Л2.1 Э1 Э2
1.3	<p>Введение в предмет «Математические модели динамики движения ракет и отделяемых элементов». История развития динамики полета ЛА. Основные задачи динамики полета ЛА. Баллистическая вычислительная модель.</p> <p>Параболическая теория и ее приложения. Уравнения движения ЛА в плоскопараллельном гравитационном поле. Свойства траектории ЛА в условиях плоскопараллельного поля сил. Формула дальности полета. Производные конечных параметров движения по начальным условиям. Теория невозмущенного кеплерова движения (Эллиптическая теория). Законы Кеплера. Первые интегралы движения (интеграл площадей, интеграл Лапласа, интеграл энергии). Уравнение эллиптической орбиты. Истинная аномалия. Формулы для параметра орбиты и эксцентриситета. Скорость орбитального движения. Радиальная и трансверсальная компоненты скорости. Характеристики орбитального движения в трехмерном пространстве (долгота восходящего узла, наклонение орбиты, аргумент широты перицентра).</p> <p>/Ср/</p>	3	20	Л1.1Л2.1 Э1 Э2
Раздел 2. Модели гравитационного поля, системы координат.				



2.1	<p>Модели нормального гравитационного поля и фигуры Земли. Модель Галилея. Модель Ньютона. Закон всемирного тяготения. Сила тяжести на поверхности Земли. Потенциал притяжения и его основные свойства. Модели гравитационного поля Земли. Теорема Клеро. Теорема Стокса. Земной эллипсоид. Нормальное гравитационное поле Земли.</p> <p>Модели аномального гравитационного поля и фигуры Земли. Геоид. Система высот. Аномалии ГПЗ. Уклонения отвесной линии. Высоты геоида. Представление потенциала ГПЗ в виде разложения по сферическим функциям. Представление потенциала ГПЗ в виде системы точечных масс. Системы геодезических параметров (ПЗ-90, WGS-84).</p> <p>/Лек/</p>	3	6	Л1.1Л2.1
2.2	<p>Силы и моменты, действующие на ЛА в полете. Аэродинамические силы и моменты. Осевая и нормальная составляющие полной аэродинамической силы. Аэродинамические моменты крена, рыскания и тангажа. Демпфирующие моменты. Основные характеристики ракетных двигателей. Формула для силы тяги ракетного двигателя. Удельная тяга и удельный импульс. Возмущающие силы и моменты. Органы управления ЛА. Управляющие силы и моменты.</p> <p>Система управления полетом ЛА. Задачи и состав системы управления. Система угловой стабилизации ЛА. Система наведения ЛА. Особенности систем управления ракет с регулируемой и нерегулируемой тягой. Инерциальные системы управления ЛА с регулируемой тягой и нерегулируемой тягой. Уравнения, связывающие отклонения органов управления с параметрами углового движения ЛА. Уравнения нормальной и боковой стабилизации. Основные особенности ЛА как динамической системы.</p> <p>Системы координат и преобразования кинематических параметров ЛА. Виды и типы систем координат. Системы координат, используемые в моделях движения ЛА. Методы преобразования систем координат. Методы преобразования кинематических параметров. Матрицы преобразования основных систем координат и формулы для вычисления кинематических параметров.</p> <p>Модели атмосферы Земли и их использование в моделях движения ЛА. Состав и свойства атмосферы. Параметры стандартной атмосферы СА-81. Характеристики справочной атмосфера СПА-81. Характеристики справочной атмосферы СИ.РА-86. Методы учета характеристик реальной атмосферы. Учет поля ветров в модели CMEDA.</p> <p>/Пр/</p>	3	6	Л1.1Л2.1



2.3	Модели гравитационного поля и фигуры Земли и их применение в задачах баллистики. Модель Галилея. Модель Ньютона. Закон всемирного тяготения. Сила тяжести на поверхности Земли. Потенциал притяжения и его основные свойства. Теорема Клеро. Земной эллипсоид. Геоид. Теорема Стокса. Система высот. Нормальное гравитационное поле Земли. Аномалии ГПЗ. Уклонения отвесной линии. Высоты геоида. Представление потенциала ГПЗ в виде разложения по сферическим функциям. Представление потенциала ГПЗ в виде системы точечных масс. Системы геодезических параметров (ПЗ-90, WGS-84). Системы координат и преобразования кинематических параметров ЛА. Системы координат, используемые в моделях движения ЛА. Методы преобразования систем координат. Методы преобразования кинематических параметров. Матрицы преобразования основных систем координат и формулы для вычисления кинематических параметров. Модели атмосферы Земли и их использование в моделях движения ЛА. Состав и свойства атмосферы. Параметры стандартная атмосфера СА-81. Характеристики справочной атмосфера СПА-81. Характеристики справочной атмосферы CI.RA-86. Методы учета характеристик реальной атмосферы. Учет поля ветров в модели CMEDA. Силы и моменты, действующие на ЛА в полете. Аэродинамические силы и моменты. Демпфирующие моменты. Формула для силы тяги ракетного двигателя. Удельная тяга и удельный импульс. Возмущающие силы и моменты. Органы управления ЛА. Управляющие силы и моменты. /Ср/	3	20	Л1.1Л2.1
	Раздел 3. Управление движением ЛА			
3.1	Принцип составления уравнений движения ЛА как тела переменного состава. Используемые системы координат. Баллистическая модель. Динамические уравнения движения центра масс ЛА. Динамические уравнения углового движения ЛА. Разложение сил и моментов по осям системы координат. Уравнения системы управления ЛА. Система уравнений движения ЛА в земной гринвичской системе координат. Определение параметров пространственного разворота продольной оси. Упрощение уравнений движения. /Лек/	3	4	Л1.1Л2.1 Э1 Э2
3.2	Уравнения Мещерского и Циолковского. Вывод уравнения Мещерского. Вывод уравнения Циолковского. Первая задача Циолковского. Формула Циолковского для многоступенчатой ракеты. Вторая задача Циолковского. Использование формулы Циолковского при проектировании ракет. Пример расчета массы ЛА при выведении ИСЗ на круговую орбиту. Методы проектировочных расчетов траекторий ЛА. Этапы проектирования ЛА. Структурный состав скорости на активном участке полета ЛА. Приближенный метод расчета скорости ЛА при разгоне на атмосферной части активного участка. Характеристическая скорость ЛА. Отличие реальной скорости от характеристической. Основные проектно-баллистические параметры. /Лек/	3	4	Л1.1Л2.1 Э1 Э2



3.3	<p>Методы проектировочных расчетов траекторий ЛА. Приближенный метод Охочимского и Энеева для расчета траектории на внеатмосферной части. Методы численного интегрирования участка свободного полета.</p> <p>Выбор формы траектории полета ЛА. Постановка задачи выбора программы угла тангажа. Требования к программе угла тангажа и методам ее выбора. Программа максимальной дальности и программа минимального рассеивания. Оптимальная программа угла тангажа на безатмосферном участке траектории. Метод выбора программы максимальной дальности с заданием зависимости угла атаки от времени, предложенной Аппазовым.</p> <p>Предельная дальность полета ЛА и гарантийные запасы топлива. Постановка задачи обеспечения предельной дальности полета ЛА. Задача назначения гарантийных запасов топлива. Основные группы факторов, учитываемые при определении гарантийных запасов. Влияние малых возмущающих факторов на предельную дальность полета и составляющие гарантийных запасов. Суммарные гарантийные запасы топлива. Распределение гарантийных запасов между ступенями ЛА. Способы уменьшения гарантийных запасов топлива.</p> <p>Управление полетом ЛА. Методы наведения ЛА. Постановка задачи о функциональном методе управления дальностью в рамках параболической теории. Условие неизменности дальности полета при малом отличии координат и проекций скорости ЛА от их расчетных значений в момент конца активного участка.</p> <p>Баллистическая функция. Построение баллистической функции на борту ЛА посредством использования текущих показаний интеграторов ускорений. Геометрическая интерпретация условия попадания ракеты в заданную цель. Концепция терминального управления. Терминальное управление на активном участке полета. Принцип Ишлинского и его применение для наведения отделяемых элементов. Изохронные вариации координат и проекций скорости ЛА. Основное баллистическое уравнение Градиентное и нейтральное направления. Общая схема наведения отделяемых элементов.</p> <p>/Пр/</p>	3	6	Л1.1Л2.1 Э1 Э2
3.4	<p>Система управления полетом ЛА. Задачи и состав системы управления. Система угловой стабилизации ЛА. Система наведения ЛА. Особенности систем управления ракет с регулируемой и нерегулируемой тягой. Основные особенности ЛА как динамической системы.</p> <p>Уравнения движения ЛА. Принцип составления уравнений движения ЛА как тела переменного состава. Динамические и кинематические уравнения движения центра масс ЛА. Динамические и кинематические уравнения углового движения ЛА. Уравнения системы управления ЛА. Система уравнений движения ЛА в земной гринвичской системе координат</p> <p>Уравнения Мещерского и Циолковского. Вывод уравнения Мещерского. Вывод уравнения Циолковского. Первая задача Циолковского. Формула Циолковского для многоступенчатой ракеты. Вторая задача Циолковского. Использование формулы Циолковского при проектировании ракет.</p> <p>/Ср/</p>	3	35,8	Л1.1Л2.1 Э1 Э2
3.5	Индивидуальные консультации/ИКР /ИКР/	3	0,2	Л1.1

6. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

6.1. Перечень видов оценочных средств

Вопросы для собеседования



Задания для контрольной работы

Вопросы у зачету

6.2. Типовые контрольные задания и иные материалы для текущей аттестации

Примерные вопросы для собеседования

1. Представление потенциала гравитационного поля Земли в виде разложения по сферическим функциям.
2. Производные конечных параметров движения по начальным условиям. (производная дальности по начальной скорости, производная дальности по начальному углу наклона скорости к горизонту) для случая равных высот в плоскопараллельном гравитационном поле.
3. Эллиптическая теория: Интеграл площадей. Второй закон Кеплера.
4. Эллиптическая теория: интеграл Лапласа
5. Эллиптическая теория: Интеграл энергии.

Пример контрольной работы

1. Стартовая инерциальная геоцентрическая система координат – начало и направления осей.
2. Вывод матрицы перехода от полускоростной системы координат к связанной системе координат .
3. Вывод формул преобразования кинематических параметров при переходе от гринвичской земной системы координат к стартовой земной системе координат .

6.3. Типовые контрольные вопросы и задания для промежуточной аттестации

Перечень вопросов к зачету

1. Уравнения движения ЛА в плоскопараллельном гравитационном поле. Свойства траектории ЛА в условиях плоскопараллельного поля сил. Формула дальности полета. Траектория максимальной дальности.
2. Представление потенциала гравитационного поля Земли в виде разложения по сферическим функциям.
3. Переход от стартовой земной системы координат к инерциальной стартовой системе координат . Матрица перехода и преобразование кинематических параметров.
4. Производные конечных параметров движения по начальным условиям. (производная дальности по начальной скорости, производная дальности по начальному углу наклона скорости к горизонту) для случая равных высот в плоскопараллельном гравитационном поле.
5. Стандартная атмосфера Земли СА-81. Формулы для вычисления термодинамических параметров.
6. Матрица перехода от инерциальной геоцентрической стартовой системы координат к связанной системе координат (последовательность поворотов: рыскание(2), тангаж(3), крен(1)).
7. Эллиптическая теория: Интеграл площадей. Второй закон Кеплера.
8. Уравнение Мещерского.
9. Матрица перехода от полускоростной системы координат к связанной системе координат
10. Эллиптическая теория: интеграл Лапласа
11. Уравнение Циолковского. Первая задача Циолковского для многоступенчатой ракеты.
12. Преобразование координат при переходе от гринвичской земной системы координат к реперной системе координат .
13. Эллиптическая теория: Интеграл энергии.
14. Аномалии ГПЗ. Уклонения отвесной линии, Высоты геоида.
15. Матрица перехода от гринвичской земной системы координат к стартовой земной системе координат и соответствующее преобразование кинематических параметров.
16. Эллиптическая теория: Скорость орбитального движения. Радиальная и трансверсальная компоненты скорости. Первая и вторая космические скорости.
17. Представление аномального потенциала гравитационного поля Земли в виде систем точечных масс
18. Матрица перехода от инерциальной гринвичской системы координат к инерциальной стартовой системе координат и соответствующее преобразование кинематических параметров.
19. Эллиптическая теория. Уравнение эллиптической орбиты. Истинная аномалия. Формулы для параметра орбиты и эксцентриситета.
20. Аэродинамические силы и моменты. Формулы для их вычисления.
21. Матрица перехода от гринвичской земной системы координат к инерциальной гринвичской системе координат и соответствующее преобразование кинематических параметров.
22. Эллиптическая теория: Уравнение Кеплера и методы его решения. Эксцентрисическая аномалия. Взаимосвязь между эксцентрисической и истинной аномалиями.
23. Основные характеристики ракетных двигателей. Формула для силы тяги ракетного двигателя. Удельная тяга и



удельный импульс.

24. Матрица перехода от стартовой земной системы координат к гринвичской земной системе координат и соответствующее преобразование кинематических параметров.
25. Эллиптическая теория: Метод определения параметров движения на заданном расстоянии от центра Земли.
26. Предельная дальность полета ЛА и гарантийные запасы топлива
27. Матрица перехода от инерциальной геоцентрической стартовой системы координат к инерциальной гринвичской системе координат и соответствующее преобразование кинематических параметров.
28. Эллиптическая теория: Метод определения параметров движения в заданный момент времени
29. Терминальное управление ЛА на активном участке полета.
30. Матрица перехода от инерциальной стартовой системы координат к инерциальной гринвичской системе координат и соответствующее преобразование кинематических параметров.
31. Эллиптическая теория: Метод определения параметров движения в произвольной точке, заданной истинной аномалией, через вектор начального состояния
32. Функциональное управление дальностью в рамках параболической теории. Баллистическая функция.
33. Матрица перехода от инерциальной общеземной системы координат к орбитальной системе координат и соответствующее преобразование кинематических параметров.
34. Эллиптическая теория: Прямая баллистическая задача.
35. Требования к программе угла тангажа и методам ее выбора.
36. Матрица перехода от инерциальной гринвичской системы координат к гринвичской земной системе координат и соответствующее преобразование кинематических параметров.

6.4. Критерии оценивания

Собеседование

Критерии оценки собеседования

«отлично»

1) магистрант легко ориентируется в содержании учебного материала, свободно пользуется понятийным аппаратом;

2) обладает умением связывать теорию с практикой, высказывать и обосновывать свои суждения

«хорошо»

1) магистрант демонстрирует полное освоение теоретического материала, владеет понятийным аппаратом, ориентируется в изученном материале, грамотно излагает свою позицию

«удовлетворительно»

1) магистрант демонстрирует неполное освоение теоретического материала, плохо владеет понятийным аппаратом, плохо ориентируется в изученном материале, неуверенно излагает свою позицию
«неудовлетворительно»

1) магистрант имеет разрозненные, бессистемные знания, не умеет выделять главное и второстепенное, допускает ошибки в определении понятий, искажающие их смысл;

2) беспорядочно и неуверенно излагает материал

Критерии оценки контрольной работы

«отлично»

1) магистрант легко ориентируется в содержании учебного материала, свободно пользуется понятийным аппаратом;

2) обладает умением связывать теорию с практикой, высказывать и обосновывать свои суждения;

3) знает и правильно применяет формулы;

4) решение задачи записано понятно, аккуратно, последовательно;

5) записан правильный ответ

«хорошо»

1) магистрант демонстрирует полное освоение теоретического материала, владеет понятийным аппаратом, ориентируется в изученном материале, осознанно применяет знания для решения практических задач, грамотно излагает свою позицию;

2) знает и применяет формулы, но допускает небольшие неточности;

3) решение задачи записано, но не приведены формулы, с помощью которых были проведены расчеты;

4) записан правильный ответ

«удовлетворительно»

1) магистрант демонстрирует неполное освоение теоретического материала, плохо владеет понятийным аппаратом, плохо ориентируется в изученном материале, неуверенно излагает свою позицию;

2) знает отдельные формулы, но допускает значительные неточности в их применении;

3) решение задачи записано неверно, не приведены формулы, с помощью которых были проведены расчеты;

4) записан правильный ответ



«неудовлетворительно»

- 1) магистрант имеет разрозненные, бессистемные знания, не умеет выделять главное и второстепенное, допускает ошибки в определении понятий, искажающие их смысл;
- 2) беспорядочно и неуверенно излагает материал, не может применять знания для решения практических задач;
- 3) решение задачи записано неверно либо отсутствует;
- 4) записан неправильный ответ либо не записан ответ

Отметка «отлично» ставится в том случае, если по четырём из пяти критериев ответ оценивается «отлично» и по одному – на «хорошо».

Отметка «хорошо» – если по четырём критериям – не ниже «хорошо» и по одному «удовлетворительно».

Отметка «удовлетворительно» – если по четырём критериям не ниже «удовлетворительно» и по одному – «неудовлетворительно».

Отметка «неудовлетворительно» – если по двум и более критериям «неудовлетворительно».

Критерии оценивания ответа студента на зачёте:

Письменный и письменно-устный ответ студента по вопросам дисциплины оценивается положительно с выставлением оценки «зачтено» в следующих случаях:

– студент глубоко и полно владеет содержанием учебного материала; умеет связывать теорию с практикой, решает соответствующие задачи, теоретические выводы подтверждает примерами. Делает выводы логично, четко. Ясно и кратко излагает ответы на поставленные вопросы; умеет обосновывать свои суждения. Дан полный, развёрнутый ответ на поставленный вопрос; показана совокупность осознанных знаний об объекте изучения, утверждения теорем приведены с доказательствами, свободно оперирует понятиями, терминами; в ответе прослеживается чёткая структура, выстроенная в логической последовательности; ответ изложен литературным грамотным языком и носит самостоятельный характер; все решения задач выполнены верно.

– ответ студента соответствует указанным выше критериям, но содержание ответа имеет отдельные неточности (несущественные ошибки) в изложении теоретического и практического материала, отличается меньшей обстоятельностью, глубиной, обоснованностью и полнотой; были допущены неточности в определении понятий, допущены незначительные ошибки в решении задач, допущенные ошибки исправляются студентом после дополнительных вопросов экзаменатора.

– студент обнаруживает знание и понимание основных положений учебного материала, но излагает его неполно, непоследовательно, допускает неточности и существенные ошибки в определении понятий, формулировке положений, наблюдается нарушение логики изложения; в ответе не присутствуют доказательные выводы; сформированность умений показана слабо, допущены незначительные ошибки в решении задач.

Оценка «незачтено» за письменный и письменно-устный ответ студента по вопросам дисциплины выставляется в случаях, когда:

– студент имеет разрозненные, бессистемные знания: не умеет выделять главное и второстепенное; допускает ошибки в определении понятий, формулировке теоретических положений, искажает их смысл; беспорядочно и неуверенно излагает материал;

– не умеет соединять теоретические положения с практикой; не умеет применять знания для обоснования и объяснения фактов, не устанавливает межпредметные связи.

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

7.1. Рекомендуемая литература

7.1.1. Основная литература

	Авторы,	Заглавие	Издательство,	Ресурс
Л1.1	Сихарулидзе Ю. Г.	Баллистика и наведение летательных аппаратов: научная литература (https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=713126)	Москва : Лаборатория знаний, 2024	ЭБС

7.1.2. Дополнительная литература

	Авторы,	Заглавие	Издательство,	Ресурс
Л2.1	Дегтярь В. Г.	Ракетно-космическая техника: научно-технический сборник: XI Макеевские чтения	Миасс, 2005	

7.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет"



Рабочая программа дисциплины "Математические модели динамики движения ракет и отделяемых элементов" по направлению подготовки (специальности) 01.04.02 "Прикладная математика и информатика" направленности (профилю) Методы математического моделирования в ракетно-космической технике ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

стр. 12

- Э1 Сихарулидзе, Ю.Г. Баллистика и наведение летательных аппаратов : учебное пособие / Ю.Г. Сихарулидзе. — 3-е изд. (эл.). — Москва : Лаборатория знаний, 2015. — 410 с. — ISBN 978-5-9963-2982-3. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система «Лань» : [сайт]. — URL: <https://e.lanbook.com/book/70701>. — Режим доступа: для авториз. пользователей. <https://e.lanbook.com/book/70701>
- Э2 Толпегин, О.А. Экспериментальная баллистика: тексты лекций / О.А. Толпегин. — Санкт-Петербург : БГТУ "Военмех" им. Д.Ф. Устинова, 2015. — 211 с. — ISBN 978-5-85546-868-7. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система «Лань» : [сайт]. — URL: <https://e.lanbook.com/book/75166>. — Режим доступа: для авториз. пользователей. <https://e.lanbook.com/book/75166>

7.3 Перечень информационных технологий

7.3.1 Программное обеспечение

Adobe Reader

OpenOffice

7.3.2 Профессиональные базы данных и информационно-справочные системы

1. Электронный каталог научной библиотеки ЧелГУ [Электронный ресурс] : база данных / Челяб. гос. ун-т. – Челябинск, 1992 .
2. Университетская библиотека онлайн [Электронный ресурс] : электронно-библиотечная система (ЭБС) / ООО Директмедиа Паблишинг. – URL: <http://biblioclub.ru/>.
3. Лань [Электронный ресурс] : электронно-библиотечная система (ЭБС) / издательство Лань. – URL: <http://e.lanbook.com/>.
4. Юрайт [Электронный ресурс] : электронно-библиотечная система (ЭБС) / издательство Юрайт. – URL: <https://urait.ru>.
5. eLIBRARY.RU [Электронный ресурс] : электронная библиотека / Науч. электрон. б-ка. – URL: <http://elibrary.ru/defaultx.asp>.

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

1. Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа: 456313, Челябинская обл., г. Миасс, ул. Керченская, д. 1, аудитория № 305.
2. Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, для проведения групповых консультаций, индивидуальных консультаций, для текущего контроля и промежуточной аттестации: 456313, Челябинская обл., г. Миасс, ул. Керченская, д. 1, аудитория № 305.
Основное оборудование: учебные столы, совмещенные со скамейками на 38 посадочных мест, стол преподавателя, стул преподавателя, доска 3 створчатая ученическая обычная настенная, стационарное мультимедийное интерактивное оборудование:
аудио колонки Sven, проектор Epson, экран настенный, компьютер ColorSit, монитор Asus.
Программное обеспечение: Операционная система Windows xp Акт приема-передачи от 26.03.2008. Пакет офисных программ Adobe Reader свободное программное обеспечение; OpenOffice свободное программное обеспечение; МРС-НС свободное программное обеспечение; Google Chrome свободное программное обеспечение
Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Endpoint Security 11 на основе лицензионного договора № кб-1692 от 11.09.2019.
3. Помещение для самостоятельной работы: 456313, Челябинская обл., г. Миасс, ул. Керченская, д. 1, Читальный зал, аудитория 312.
Основное оборудование: Количество посадочных мест - 42, 1 персональный компьютер с подключением в сеть «Интернет», неограниченный доступ к ЭБС и БД, Wi-Fi, библиотечный фонд.
Программное обеспечение: Операционная система Windows 10 Акт приема-передачи 528/о от 15.09.2014; Операционная система Windows 10 Акт приема-передачи 437/к от 19.09.2012; Пакет офисных программ Adobe Reader свободное программное обеспечение; OpenOffice свободное программное обеспечение; МРС-НС свободное программное обеспечение; Google Chrome свободное программное обеспечение. Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Endpoint Security 11 на основе лицензионного договора № кб-1692 от 11.09.2019.

9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Приступая к изучению дисциплины «Математические модели динамики движения ракет и отделяемых элементов» магистрант должен ясно представлять, что результат обучения зависит не только от работы преподавателей на практических занятиях, но и о того, насколько добросовестно он сам подойдет к этому процессу.



Необходимо сразу точно понять критерии оценки всех видов учебной работы в течение учебного семестра, критерии получения зачета.

Все формы учебной работы имеют равное значение, поэтому посещение практических занятий, выполнение всех видов самостоятельной работы и активное участие в учебной деятельности позволят добиться высоких результатов. Магистранту рекомендуется использовать рекомендованную основную и дополнительную литературу, при этом достаточно взять один – два базовых учебника из списка основной литературы, и по мере необходимости – дополнительную учебную литературу и периодические издания.

На практических занятиях магистрант может не только закрепить знание и понимание учебного материала, но и развить профессиональные навыки письменной и устной речи. Поэтому результат обучения в существенной степени определяется качеством самостоятельной подготовки, умением находить интересный материал. Домашние контрольные работы являются обязательными для выполнения.

Особое внимание следует уделять самостоятельной работе, в ходе которой можно как закрепить знания материал, так и расширить профессиональный кругозор. Кроме того, можно определить круг научных интересов, выбрав тему будущей диссертационной или научно-исследовательской работы при подготовке к практическим занятиям и в ходе выполнения контрольных работ. Это позволит накопить достаточно количество теоретического и практического материала для ее выполнения.

В освоении дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья большое значение имеет индивидуальная работа. Под индивидуальной работой подразумевается две формы взаимодействия с преподавателем: индивидуальная учебная работа (консультации), т.е. дополнительное разъяснение учебного материала и углубленное изучение материала с теми обучающимися, которые в этом заинтересованы, и индивидуальная воспитательная работа. Индивидуальные консультации по предмету является важным фактором, способствующим индивидуализации обучения и установлению воспитательного контакта между преподавателем и обучающимся инвалидом или обучающимся с ограниченными возможностями здоровья.

В случае применения при обучении дисциплины электронного обучения, дистанционных образовательных технологий общение обучающихся и преподавателя осуществляется в режиме реального времени (онлайн-лекции (вебинары), чаты, видео-конференции в TeamOffice365) или отложенного времени (система дистанционного обучения Moodle, электронная почта, социальные сети, мессенджеры).

Большую часть времени обучающиеся самостоятельно работают с учебно-методическими материалами. Студенты имеют возможность консультироваться с преподавателем по всем вопросам, возникающим в ходе самостоятельной работы посредством электронной почты, социальных сетей, Office365. Доступ обучающегося к учебным ресурсам в режиме отложенного времени, самостоятельной работы осуществляется через сеть Интернет в удобном для него месте, времени и темпе.

10. СПЕЦИАЛЬНЫЕ УСЛОВИЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ ОБУЧАЮЩИМИСЯ С ИНВАЛИДНОСТЬЮ И ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Освоение дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья осуществляется с использованием специальных технических средств и информационных технологий, предоставляемых Ресурсным учебно-методическим центром по обучению инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья ЧелГУ по запросу обучающегося (мобильные специальные технические средства для лиц с нарушениями зрения и с нарушением слуха, ассистивные информационные технологии).

При необходимости для обучающихся с нарушениями зрения на рабочих местах для проведения практических или лабораторных занятий устанавливается специальное программное обеспечение (программа речевой навигации, речевые синтезаторы, экранные лупы).

В учебные аудитории обеспечивается беспрепятственный доступ для обучающихся с инвалидностью и с ограниченными возможностями здоровья. В каждой аудитории, где обучаются инвалиды и лица с ограниченными возможностями здоровья, предусматривается соответствующее количество мест для обучающихся с учетом нарушений их здоровья.

Для освоения дисциплины инвалидам и лицам с ограниченными возможностями здоровья предоставляется доступ к печатным источникам, имеющимся в научной библиотеке ЧелГУ, с помощью специальных технических средств; доступ с помощью специальных технических и программных средств к электронным источникам, представленным в форме электронного документа в фонде научной библиотеки ЧелГУ или электронно-библиотечных системах.

Учебно-методические материалы для обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и особенностям восприятия информации.

Для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья освоение дисциплины может быть частично или полностью осуществлено с использованием дистанционных образовательных технологий.

При проведении промежуточной аттестации по дисциплине обучающимся с инвалидностью и с ограниченными возможностями здоровья обеспечивается по их заявлению предоставление в доступной форме в зависимости от их индивидуальных особенностей инструкции о порядке проведения промежуточной аттестации, оценочных средств и



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)

Рабочая программа дисциплины "Математические модели динамики движения ракет и отделяемых элементов" по направлению подготовки (специальности) 01.04.02 "Прикладная математика и информатика" направленности (профилю) Методы математического моделирования в ракетно-космической технике ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

стр. 14

возможности ответов на задания (письменно на бумаге, набор ответов на компьютере, письменно шрифтом Брайля, с использованием услуг ассистента, устно).

При проведении процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья предусматривается использование предоставленных ЧелГУ или собственных технических средств, необходимых им в связи с их индивидуальными особенностями. При необходимости инвалидам и лицам с ограниченными возможностями здоровья предоставляется дополнительное время для подготовки ответа на задания, процедура оценивания результатов обучения по дисциплине может проводиться в несколько этапов.

01.04.02 Прикладная математика и информатика, Методы математического моделирования в ракетно-космической технике, Математические модели динамики движения ракет и отделяемых элементов, 2026, очная

Рабочая программа дисциплины (модуля) одобрена и рекомендована:

Проректор по учебной работе утверждено 27.02.26 А.А. Саламатов

Ученым советом Миасского филиала ФГБОУ ВО "ЧелГУ"

Протокол заседания № 8 от 24.02.2026

Председатель Ученого совета
Миасского филиала ФГБОУ ВО
"ЧелГУ"

согласовано

Т.В. Малькова

Заседанием кафедры прикладной математики

Протокол заседания № 6 от 30.01.2026

Заведующий кафедрой

согласовано

Е.В. Дутикова

Автор (составитель)

Е.В. Тимофеев

Структура рабочей программы соответствует приказу ректора ФГБОУ ВО «ЧелГУ» от «13» апреля 2021 г. № 247-1