

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Таскаев Сергей Валерьевич

Должность: Ректор

Дата подписания: 21.05.2026 01:04:45

Уникальный программный ключ:

891934b8c7-f7b6350abe51cdd3006e877f1f7



МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное

учреждение высшего образования

«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)

Миасский филиал

Кафедра прикладной математики

Фонд оценочных средств по дисциплине «Математические модели динамики движения ракет и отделяемых элементов» по направлению подготовки 01.04.02 Прикладная математика и информатика, профиль «Методы математического моделирования в ракетно-космической технике»

Версия документа - 1

стр. 1 из 2

Первый экземпляр _____

КОПИЯ № _____

Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации

по дисциплине

Математические модели динамики движения ракет и отделяемых элементов

Направление подготовки
01.04.02 Прикладная математика и информатика

Направленность (профиль)
***Методы математического моделирования
в ракетно-космической технике***

Присваиваемая квалификация
магистр

Форма обучения
очная

Миасс 2026 г.

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

Фонд оценочных средств одобрен и рекомендован:

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



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)
Миасский филиал
Кафедра прикладной математики

Фонд оценочных средств по дисциплине «Математические модели динамики движения ракет и отделяемых элементов»
по направлению подготовки 01.04.02 Прикладная математика и информатика, профиль «Методы математического
моделирования в ракетно-космической технике»

Версия документа - 1

стр. 3 из 18

Первый экземпляр _____

КОПИЯ № _____

1. ПАСПОРТ ФОНДА ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Направление подготовки: *01.04.02 Прикладная математика и информатика*

Направленность (профиль): *Методы математического моделирования
в ракетно-космической технике*

Дисциплина: *Математические модели динамики движения ракет и
отделяемых элементов*

Семестр изучения: 3

Форма промежуточной аттестации: *зачёт*

2. ПЕРЕЧЕНЬ ФОРМИРУЕМЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ

2.1. Компетенции, закреплённые за дисциплиной

Изучение дисциплины «Математические модели динамики движения ракет и отделяемых элементов» направлено на формирование следующих компетенций:

Коды компетенции согласно ФГОС (ОПОП ВО)	Содержание компетенций согласно ФГОС (ОПОП ВО)	Индикаторы достижения компетенции согласно ОПОП	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
1	2	3	4
ПК-3	Способен к разработке алгоритмов решения задач динамики, баллистики и управления полетом космических аппаратов	ПК-3.1. Знает основы теории движения космических аппаратов, математические методы разработки алгоритмов и моделирования полетов космических аппаратов. ПК-3.2.	<i>Знать</i> 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; <i>Уметь</i> применять новые знания в математическом моделировании динамики



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)
Миасский филиал
Кафедра прикладной математики

Фонд оценочных средств по дисциплине «Математические модели динамики движения ракет и отделяемых элементов»
по направлению подготовки 01.04.02 Прикладная математика и информатика, профиль «Методы математического
моделирования в ракетно-космической технике»

Версия документа - 1

стр. 4 из 18

Первый экземпляр _____

КОПИЯ № _____

		<p>Демонстрирует умение разрабатывать модели динамики движения, аэродинамики, баллистики и управления полетом космических аппаратов.</p> <p>ПК-3.3. Имеет навыки разработки алгоритмов решения задач аэрогазодинамики, гидродинамики, баллистики и управления полетом космических аппаратов.</p>	<p>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; <i>Владеть</i> навыками 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</p>
--	--	--	--

3. СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

3.1 Виды оценочных средств

№ п/п	Контролируемые темы/ разделы	Код компетенции/ планируемые результаты обучения	Наименование оценочного средства для текущего контроля	Наименование оценочного средства на промежуточной аттестации
1	Параболическая теория движения	ПК-3 Знать: Основные задачи динамики полета ЛА. Математическую модель параболической теории движения ЛА. Уметь: Моделировать и применять на практике параболическую теорию движения ЛА. Владеть: Навыками моделирования движения ЛА с использованием параболической теории движения.	Контрольная работа 1, тест	Вопросы к зачёту



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)
Миасский филиал
Кафедра прикладной математики

Фонд оценочных средств по дисциплине «Математические модели динамики движения ракет и отделяемых элементов» по направлению подготовки 01.04.02 Прикладная математика и информатика, профиль «Методы математического моделирования в ракетно-космической технике»

Версия документа - 1

стр. 5 из 18

Первый экземпляр _____

КОПИЯ № _____

2	Эллиптическая теория движения	ПК-3 Знать: Математическую модель эллиптической теории движения ЛА. Первые интегралы движения, законы Кеплера. Уметь: Моделировать и применять на практике эллиптическую теорию движения ЛА. Владеть: Навыками моделирования движения ЛА с использованием эллиптической теории движения.	Контрольная работа 1, тест	Вопросы к зачёту
3	Современная математическая модель движения ЛА	ПК-3 Знать: Силы и моменты, действующие на ЛА в процессе полета и их математическое описание, модели гравитационного поля и атмосферы Земли. Уметь: Моделировать и применять на практике современную теорию движения ЛА. Владеть: Навыками моделирования движения ЛА с использованием современной математической модели движения.	Контрольная работа 2, тест	Вопросы к зачёту

Типовые задания, критерии и показатели оценивания в рамках текущего контроля представлены в рабочей программе по дисциплине. Полные комплекты оценочных средств и контрольно-измерительных материалов хранятся на кафедре и являются учебно-методическими материалами ограниченного (конфиденциального) пользования.

3.2 Порядок проведения текущей аттестации и содержание оценочных средств

3.2.1 Задачи для контрольной работы

Контрольная работа №1

Теоретические задания:

1. Дайте определения следующим терминам:
 - a) Летательный аппарат
 - b) Перигеум орбиты
 - c) Истинная аномалия
 - d) Инерциальная система координат
 - e) Топоцентрическая система координат
2. Назовите основные задачи баллистики ЛА.
3. Перечислите сведения из которых состоит баллистическая вычислительная модель.
4. В каких предположениях строятся параболическая и эллиптическая теории.
5. Сформулируйте законы Кеплера.
6. Назовите первые интегралы движения.



7. Объясните физический смысл уравнения Кеплера.

Практические задания:

1. Новая система координат $Ox_2y_2z_2$ получается путем вращения исходной системы $Ox_1y_1z_1$ на угол φ относительно оси Oz_1 (или Oy_1, Ox_1). Напишите матрицу перехода (прямого и обратного);
2. Новая система координат $Ox_2y_2z_2$ получается путем двух последовательных вращений исходной системы $Ox_1y_1z_1$ на угол φ относительно оси n_1 , а затем на угол ψ относительно оси n_2 . Напишите матрицу перехода (прямого и обратного);
3. (*) Решите задачу эллиптической теории. Даны длины векторов $|\vec{r}_0|$, $|\vec{v}_0|$ в перицентре орбиты, определить длины векторов $|\vec{r}_1|$, $|\vec{v}_1|$ соответствующие истинной аномалии ϑ_1 .
4. Повторить: скалярное и векторное произведение векторов, нахождение длины вектора, умножение матрицы на вектор, умножение матриц, правила дифференцирования

Вариант 1 (теория)

1. Дайте определения следующим терминам:
 - а) Летательный аппарат
 - б) Истинная аномалия
 - в) Топоцентрическая система координат
2. Назовите основные задачи баллистики ЛА.
3. Перечислите сведения из которых состоит баллистическая вычислительная модель.
4. В каких предположениях строится параболическая теория движения.
5. Первые интегралы движения, основные свойства.

Вариант 1 (практика)

1. Проведите скалярное произведение векторов $\vec{r}_1(x_1, y_1, z_1)$ и $\vec{r}_2(x_2, y_2, z_2)$.
2. Проведите векторное произведение векторов $\vec{r}_1(x_1, y_1, z_1)$ и $\vec{r}_2(x_2, y_2, z_2)$.
3. Умножьте матрицу $\begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{pmatrix}$ на вектор $\vec{r}(x, y, z)$.
4. Умножьте матрицу $\begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{pmatrix}$ на матрицу $\begin{pmatrix} b_{11} & b_{12} & b_{13} \\ b_{21} & b_{22} & b_{23} \\ b_{31} & b_{32} & b_{33} \end{pmatrix}$.



5. Найдите длину вектора $|\vec{r}(x, y, z)|$.
6. $r = x \cdot \cos(a \cdot t) + y \cdot \sin(b \cdot t)$, найдите значение $V = \frac{dr}{dt}$.
7. Новая система координат $Ox_2y_2z_2$ получается путем вращения исходной системы $Ox_1y_1z_1$ на угол φ относительно оси Oz_1 . Напишите матрицу перехода (прямого и обратного).
8. Новая система координат $Ox_2y_2z_2$ получается путем двух последовательных вращений исходной системы $Ox_1y_1z_1$ на угол φ относительно оси Oz_1 , а затем на угол ψ относительно оси Ox_1 . Напишите матрицу перехода (прямого и обратного).
9. (*) Решите задачу эллиптической теории. Даны длины векторов $|\vec{r}_0|$, $|\vec{v}_0|$ в перицентре орбиты, определить длины векторов $|\vec{r}_1|$, $|\vec{v}_1|$ соответствующие истинной аномалии ϑ_1 .

Вариант 2(теория)

1. Дайте определения следующим терминам:
 - а) Летательный аппарат
 - б) Перицентр орбиты
 - в) Инерциальная система координат
2. Назовите основные задачи баллистики ЛА.
3. Перечислите сведения из которых состоит баллистическая вычислительная модель.
4. В каких предположениях строится эллиптическая теория движения.
5. Сформулируйте законы Кеплера. Объясните физический смысл уравнения Кеплера.

Вариант 2 (практика)

1. Проведите скалярное произведение векторов $\vec{r}_1(x_1, y_1, z_1)$ и $\vec{r}_2(x_2, y_2, z_2)$.
2. Проведите векторное произведение векторов $\vec{r}_1(x_1, y_1, z_1)$ и $\vec{r}_2(x_2, y_2, z_2)$.
3. Умножьте матрицу $\begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{pmatrix}$ на вектор $\vec{r}(x, y, z)$.
4. Умножьте матрицу $\begin{pmatrix} b_{11} & b_{12} & b_{13} \\ b_{21} & b_{22} & b_{23} \\ b_{31} & b_{32} & b_{33} \end{pmatrix}$ на матрицу $\begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{pmatrix}$.
5. Найдите длину вектора $|\vec{r}(x, y, z)|$.



Версия документа - 1	стр. 8 из 18	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____
----------------------	--------------	------------------------	---------------

6. $r = x \cdot \cos(a \cdot t) + y \cdot \sin(b \cdot t)$, найдите значение $V = \frac{dr}{dt}$.
7. Новая система координат $Ox_2y_2z_2$ получается путем вращения исходной системы $Ox_1y_1z_1$ на угол φ относительно оси Oy_1 . Напишите матрицу перехода (прямого и обратного).
8. Новая система координат $Ox_2y_2z_2$ получается путем двух последовательных вращений исходной системы $Ox_1y_1z_1$ на угол φ относительно оси Oy_1 , а затем на угол ψ относительно оси Oz_1 . Напишите матрицу перехода (прямого и обратного).
9. (*) Решите задачу эллиптической теории. Даны длины векторов $|\vec{r}_0|$, $|\vec{v}_0|$ в перигеетре орбиты, определить длины векторов $|\vec{r}_1|$, $|\vec{v}_1|$ соответствующие истинной аномалии ϑ_1 .

Контрольная работа №2

- Сформулируйте закон всемирного тяготения (Ньютона).
- Какие силы и моменты действуют на движение ЛА?
- Из каких двух составляющих состоит сила тяжести?
- Перечислите основные параметры, которыми характеризуется атмосфера.
- Определение полной аэродинамической силы, из чего она состоит.
- Дайте определение площади мидела.
- Центр масс и цент давления ЛА, статическая устойчивость.
- Дайте определение кажущегося ускорения.
- Опишите состав системы управления ЛА.
- Назовите задачи системы управления ЛА.
- Назовите особенности систем управления ракет с регулируемой и нерегулируемой тягой.

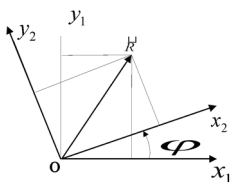
3.2.2. Тестовые задания

№ п/п	Формулировка вопроса	Варианты ответов/правильный ответ*	Код контрольной и-руемой компетенции
1	Какие из нижеперечисленных сведений наиболее полно	б)	ПК-3



	<p>характеризуют баллистическую вычислительную модель:</p> <p>а) Математическое описание ЛА, математическое описание внешних условий, правила преобразования используемых систем координат, математическое описание геопотенциального поля Земли.</p> <p>б) Математическое описание ЛА, математическое описание внешних условий, математическое описание взаимодействия ЛА с внешним пространством, меры отсчета основных физических величин, системы координат и измерения времени.</p> <p>в) Математическое описание ЛА, математическое описание внешних условий, математическое описание аэродинамических характеристик ЛА, математическое описание геопотенциального поля Земли.</p> <p>г) Математическое описание ЛА, математическое описание взаимодействия ЛА с внешним пространством, системы координат, математическое описание аэродинамических характеристик ЛА, математическое описание геопотенциального поля Земли.</p>		
2	<p>Кто впервые предложил параболическую модель движения?</p> <p>а) Кеплер б) Ньютон в) Галилей г) Циолковский</p>	в)	ПК-3
3	<p>Перицентр орбиты – это...</p> <p>а) Точка орбиты, максимально удаленная от фокуса (или центра притяжения).</p> <p>б) Точка орбиты, характеризующая расстояние между фокусом (центром притяжения) и ЛА.</p> <p>в) Точка орбиты, минимально удаленная от фокуса (или центра притяжения).</p> <p>г) Точка, определяющая местоположение центра притяжения.</p>	в)	ПК-3
4	<p>Какая из нижеперечисленных формул характеризует третий закон Кеплера?</p> <p>а) $\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{a_1^3}{a_2^3}$</p> <p>б) $E = M + e \cdot \sin E$</p> <p>в) $\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{a_1^2}{a_2^2}$</p>	а)	ПК-3



	$\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{a_2^3}{a_1^3}$ <p>d)</p>		
5	<p>Какие законы лежат в основе эллиптической модели движения ЛА?</p> <p>a) Законы Ньютона и Кеплера b) Законы Галилея и Кеплера c) Законы Галилея и Ньютона d) Законы Кеплера и Циолковского</p>	5)	ПК-3
6	<p>Какой из перечисленных первых интегралов не является первым интегралом эллиптической модели движения:</p> <p>a) Интеграл Лапласа b) Интеграл площадей c) Интеграл Кеплера d) Интеграл энергии</p>	c)	ПК-3
7	<p>Чем характеризуется топоцентрическая система координат:</p> <p>a) начало СК находится на поверхности Земли. b) начало СК находится в центре масс летательного аппарата c) начало СК находится в центре масс Земли. d) начало СК находится на вершине траектории.</p>	a)	ПК-3
8	<p>Новая система координат $Ox_2y_2z_2$ получается путем вращения исходной системы $Ox_1y_1z_1$ на угол ϕ относительно оси Oz_1.</p>  <p>Какая из представленных матриц соответствует матрице перехода от СК1 к СК2:</p> <p>a) $\begin{bmatrix} \cos \phi & \sin \phi & 0 \\ -\sin \phi & \cos \phi & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$ б) $\begin{bmatrix} \cos \phi & 0 & -\sin \phi \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin \phi & 0 & \cos \phi \end{bmatrix}$</p> <p>в) $\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \phi & \sin \phi \\ 0 & -\sin \phi & \cos \phi \end{bmatrix}$ г) $\begin{bmatrix} \cos \phi & -\sin \phi & 0 \\ \sin \phi & \cos \phi & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$</p>	a)	ПК-3
9	<p>Из каких двух составляющих состоит сила тяжести?</p> <p>a) Сила притяжения (закон всемирного тяготения) и</p>	a)	ПК-3



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)
Миасский филиал
Кафедра прикладной математики

Фонд оценочных средств по дисциплине «Математические модели динамики движения ракет и отделяемых элементов»
по направлению подготовки 01.04.02 Прикладная математика и информатика, профиль «Методы математического
моделирования в ракетно-космической технике»

Версия документа - 1

стр. 11 из 18

Первый экземпляр _____

КОПИЯ № _____

	центробежная сила b) Сила притяжения (закон всемирного тяготения) и аэродинамическая сила c) Сила притяжения (закон всемирного тяготения) и гравитационная сила d) Центробежная сила и аэродинамическая сила		
10	Какими основными параметрами характеризуется атмосфера? a) Температура, давление, плотность, ветер b) Температура, плотность, высота, давление c) Плотность, высота, температура, давление d) Число Маха, температура, давление, плотность	a)	ПК-3
11	Кажущееся ускорение – это... a) разность между ускорением какой-либо точки относительно неподвижной системы координат и центробежным ускорением b) ускорение силы тяготения c) разность между ускорением какой-либо точки относительно неподвижной системы координат и ускорением силы тяготения d) ускорение, соответствующее номинальному ускорению летательного аппарата на активном участке траектории (с работающими двигателями)	c)	ПК-3
12	Назовите задачи системы управления ЛА. a) Наведения и стабилизация b) Наведение и выполнение заданной точности c) Рассеивание и стабилизация d) Рассеивание и выполнение заданной точности	a)	ПК-3
13	При каком взаимном расположении центра масс и центра давления ЛА считается статически устойчивым (отсчет от носка ЛА)? a) Центр давления позади центра масс b) Центр давления впереди центра масс c) Центр давления совпадает с центром масс d) Ни при каком взаимном расположении центра масс и центра давления ЛА не обладает статической устойчивостью.	a)	ПК-3

4. ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ И СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Промежуточная аттестация проводится в форме зачета в два этапа.

На первом этапе студент решает две задачи и отвечает на два вопроса из выбранного случайным образом билета. Во время выполнения можно



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)
Миасский филиал
Кафедра прикладной математики

Фонд оценочных средств по дисциплине «Математические модели динамики движения ракет и отделяемых элементов» по направлению подготовки 01.04.02 Прикладная математика и информатика, профиль «Методы математического моделирования в ракетно-космической технике»

Версия документа - 1

стр. 12 из 18

Первый экземпляр _____

КОПИЯ № _____

использовать справочные материалы. Время выполнения – 40 минут.

На втором этапе студент отвечает устно на вопросы из билета. Продолжительность – 10 минут.

Оценочные средства для промежуточной аттестации представлены базой вопросов к зачету и типовыми задачами, билетами к зачету.

База вопросов к зачёту

№ п/п	Формулировка вопроса	Код контролируемой компетенции
<i>Раздел 1 Параболическая теория</i>		
1	Назовите основные задачи баллистики ЛА.	ПК-3
2	Дайте определение баллистической вычислительной модели. Перечислите сведения из которых состоит баллистическая вычислительная модель.	ПК-3
3	Параболическая теория. Основные предположения и свойства. Применение параболической теории.	ПК-3
<i>Раздел 2 Эллиптическая теория</i>		
4	Эллиптическая теория. Основные предположения и свойства. Применение эллиптической теории.	ПК-3
5	Сформулируйте законы Кеплера, где они применяются?	ПК-3
6	Первые интегралы движения, их геометрический и физический смысл.	ПК-3
7	Уравнение Кеплера и его физический смысл.	ПК-3
<i>Раздел 3 Современная математическая модель движения ЛА</i>		
8	Основные типы и виды систем координат и преобразования между ними.	ПК-3
9	Закон всемирного тяготения. Сила тяжести. Потенциал притяжения.	ПК-3
10	Атмосфера Земли и её основные характеристики.	ПК-3
11	Силы и моменты, действующие на ЛА.	ПК-3
12	Задачи и состав системы управления полетом ЛА.	ПК-3
13	Особенности систем управления ракет с регулируемой и нерегулируемой тягой.	ПК-3

Билет №1

1. Уравнения движения ЛА в плоскопараллельном гравитационном поле. Свойства траектории ЛА в условиях плоскопараллельного поля сил. Формула дальности полета. Траектория максимальной дальности.



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)
Миасский филиал
Кафедра прикладной математики

Фонд оценочных средств по дисциплине «Математические модели динамики движения ракет и отделяемых элементов» по направлению подготовки 01.04.02 Прикладная математика и информатика, профиль «Методы математического моделирования в ракетно-космической технике»

Версия документа - 1

стр. 13 из 18

Первый экземпляр _____

КОПИЯ № _____

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.

Билет №2

1. 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.

2. Стандартная атмосфера Земли СА-81. Формулы для вычисления термодинамических параметров.

3. Матрица перехода от инерциальной геоцентрической стартовой системы координат к связанной системе координат (последовательность поворотов: рыскание(2), тангаж(3), крен(1)).

Билет №3

1. Эллиптическая теория: Интеграл площадей. Второй закон Кеплера.

2. Уравнение Мещерского.

3. Матрица перехода от полускоростной системы координат к связанной системе координат

Билет №4

1. Эллиптическая теория: интеграл Лапласа

2. Уравнение Циолковского. Первая задача Циолковского для многоступенчатой ракеты.

3. Преобразование координат при переходе от гринвичской земной системы координат к реперной системе координат.

Билет №5

1. Эллиптическая теория: Интеграл энергии.

2. Аномалии ГПЗ. Уклонения отвесной линии, Высоты геоида.

3. Матрица перехода от гринвичской земной системы координат к стартовой земной системе координат и соответствующее преобразование кинематических параметров.

Билет №6

1. Эллиптическая теория: Скорость орбитального движения. Радиальная и тангенциальная компоненты скорости. Первая и вторая космические скорости.

2. Представление аномального потенциала гравитационного поля Земли в виде систем точечных масс

3. Матрица перехода от инерциальной гринвичской системы координат к инерциальной стартовой системе координат и соответствующее преобразование кинематических параметров.



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)
Миасский филиал
Кафедра прикладной математики

Фонд оценочных средств по дисциплине «Математические модели динамики движения ракет и отделяемых элементов»
по направлению подготовки 01.04.02 Прикладная математика и информатика, профиль «Методы математического
моделирования в ракетно-космической технике»

Версия документа - 1

стр. 14 из 18

Первый экземпляр _____

КОПИЯ № _____

Билет №7

1. Эллиптическая теория. Уравнение эллиптической орбиты. Истинная аномалия. Формулы для параметра орбиты и эксцентриситета.
2. Аэродинамические силы и моменты. Формулы для их вычисления.
3. Матрица перехода от гринвичской земной системы координат к инерциальной гринвичской системе координат и соответствующее преобразование кинематических параметров.

Билет №8

1. Эллиптическая теория: Уравнение Кеплера и методы его решения. Эксцентрисическая аномалия. Взаимосвязь между эксцентрисической и истинной аномалиями.
2. Основные характеристики ракетных двигателей. Формула для силы тяги ракетного двигателя. Удельная тяга и удельный импульс.
3. Матрица перехода от стартовой земной системы координат к гринвичской земной системе координат и соответствующее преобразование кинематических параметров.

Билет №9

1. Эллиптическая теория: Метод определения параметров движения на заданном расстоянии от центра Земли.
2. Предельная дальность полета ЛА и гарантийные запасы топлива
3. Матрица перехода от инерциальной геоцентрической стартовой системы координат к инерциальной гринвичской системе координат и соответствующее преобразование кинематических параметров.

Билет №10

1. Эллиптическая теория: Метод определения параметров движения в заданный момент времени
2. Терминальное управление ЛА на активном участке полета.
3. Матрица перехода от инерциальной стартовой системы координат к инерциальной гринвичской системе координат и соответствующее преобразование кинематических параметров.

Билет №11

1. Эллиптическая теория: Метод определения параметров движения в произвольной точке, заданной истинной аномалией, через вектор начального состояния
2. Функциональное управление дальностью в рамках параболической теории. Баллистическая функция.
3. Матрица перехода от инерциальной общеземной системы координат к орбитальной системе координат и соответствующее преобразование кинематических параметров.



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
 Федеральное государственное бюджетное образовательное
 учреждение высшего образования
 «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)
 Миасский филиал
 Кафедра прикладной математики

Фонд оценочных средств по дисциплине «Математические модели динамики движения ракет и отделяемых элементов» по направлению подготовки 01.04.02 Прикладная математика и информатика, профиль «Методы математического моделирования в ракетно-космической технике»

Версия документа - 1	стр. 15 из 18	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____
----------------------	---------------	------------------------	---------------

Билет №12

1. Эллиптическая теория: Прямая баллистическая задача.
2. Требования к программе угла тангажа и методам ее выбора.
3. Матрица перехода от инерциальной гринвичской системы координат к гринвичской земной системе координат и соответствующее преобразование кинематических параметров.

Типовые задачи

№ п/п	Формулировка задачи	Решение/ответ	Код контролируемой компетенции
1	Новая система координат $Ox_2y_2z_2$ получается путем вращения исходной системы $Ox_1y_1z_1$ на угол φ относительно оси Oz_1 (или Oy_1, Ox_1). Напишите матрицу перехода (прямого и обратного);	$\begin{bmatrix} \cos \varphi & 0 & -\sin \varphi \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin \varphi & 0 & \cos \varphi \end{bmatrix}$	ПК-3
2	Новая система координат $Ox_2y_2z_2$ получается путем двух последовательных вращений исходной системы $Ox_1y_1z_1$ на угол φ относительно оси n_1 , а затем на угол ψ относительно оси n_2 . Напишите матрицу перехода (прямого и обратного);	$C_1^k = C_{k-1}^k \cdot \dots \cdot C_2^3 \cdot C_1^2$	ПК-3
3	Решите задачу эллиптической теории. Даны длины векторов $ \vec{r}_0 , \vec{v}_0 $ в перицентре орбиты, определить длины векторов $ \vec{r}_1 , \vec{v}_1 $ соответствующие истинной аномалии ϑ_1 .		ПК-3

4.1. Критерии оценивания компетенций в ходе промежуточной аттестации

Код компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине	Критерии оценивания	
		Зачтено	Не зачтено



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)
Миасский филиал
Кафедра прикладной математики

Фонд оценочных средств по дисциплине «Математические модели динамики движения ракет и отделяемых элементов» по направлению подготовки 01.04.02 Прикладная математика и информатика, профиль «Методы математического моделирования в ракетно-космической технике»

Версия документа - 1

стр. 16 из 18

Первый экземпляр _____

КОПИЯ № _____

ПК-3	<p><i>Знает</i> основные понятия и методы математического моделирования динамики движения ракет и отделяемых элементов; основные концепции и принципы теорий, связанных с моделирование динамики полёта ЛА; подходы использования современных моделей управления полётом ЛА; принципы выбора методов и средств изучения моделей наведения отделяемых элементов;</p>	<p>Знает основные понятия и методы математического моделирования динамики движения ракет и отделяемых элементов; основные концепции и принципы теорий, связанных с моделирование динамики полёта ЛА; подходы использования современных моделей управления полётом ЛА; принципы выбора методов и средств изучения моделей наведения отделяемых элементов;</p>	<p>Не знает основные понятия и методы математического моделирования динамики движения ракет и отделяемых элементов; основные концепции и принципы теорий, связанных с моделирование динамики полёта ЛА; подходы использования современных моделей управления полётом ЛА; принципы выбора методов и средств изучения моделей наведения отделяемых элементов;</p>
	<p><i>Умеет</i> 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;</p>	<p>Умеет 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;</p>	<p>Не умеет 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;</p>
	<p><i>Владеет</i> навыками 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</p>	<p>Владеет навыками использования и применения углубленных теоретических и практических знаний в области моделирования динамики полёта ЛА; применения методов исследования систем управления полётом ЛА; математических методов</p>	<p>Не владеет навыками использования и применения углубленных теоретических и практических знаний в области моделирования динамики полёта ЛА; применения методов исследования систем управления полётом ЛА; математических методов</p>



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)
Миасский филиал
Кафедра прикладной математики

Фонд оценочных средств по дисциплине «Математические модели динамики движения ракет и отделяемых элементов» по направлению подготовки 01.04.02 Прикладная математика и информатика, профиль «Методы математического моделирования в ракетно-космической технике»

Версия документа - 1	стр. 17 из 18	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____
----------------------	---------------	------------------------	---------------

математического, имитационного и информационного моделирования динамики полётов ЛА	исследования процессов наведения отделяемых элементов; навыками использования методов математического, имитационного и информационного моделирования динамики полётов ЛА	исследования процессов наведения отделяемых элементов; навыками использования методов математического, имитационного и информационного моделирования динамики полётов ЛА
--	--	--

4.1. Критерии оценивания зачёта

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

– студент обнаруживает знание и понимание основных положений учебного материала, возможно, допускает неточности и несущественные ошибки в определении понятий, формулировке положений, не допускает или допускает 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.

4.3. Результаты промежуточной аттестации и уровни сформированности компетенций

Уровень освоения компетенций	Оценка
Продвинутый	Зачтено
Базовый	Зачтено
Пороговый	Зачтено
компетенции не сформированы	Не зачтено

Уровни формирования компетенций:

1. Пороговый уровень:



- предполагает формирование компетенций на начальном уровне: знание базовых терминов, основных понятий и методов параболической и эллиптической теории движения ЛА;

- студент способен давать ответы на теоретические вопросы дисциплины, использовать базовые термины; знает основные системы координат, знает силы и моменты, действующие на ЛА в процессе полета.

2. Базовый уровень:

- предполагает формирование компетенций на более высоком уровне: формируется понимание математических моделей параболической и эллиптической теории движения ЛА;

- студент способен решать более сложные задачи математического моделирования динамики движения ЛА.

3. Продвинутый уровень:

- предполагает формирование компетенций на высоком уровне, готовность к самостоятельной профессиональной деятельности: формируется знание системы терминов, межпредметные связи; глубокое понимание теории движения ЛА;

- студент способен использовать систему научных понятий динамики движения ракет, самостоятельно решать задачи математического моделирования движения ЛА с использованием современной математической модели движения.