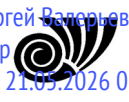


Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Таскаев Сергей Валерьевич  
Должность: Ректор  
Дата подписания: 21.05.2026 01:04:45  
Уникальный программный ключ:  
891934b8c2cf7b6350cbe51cdda3096e87761f3



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 «Непрерывные математические модели» 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

***Непрерывные математические модели***

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, Непрерывные математические модели, 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)

Г.Ф. Костин

**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 «Непрерывные математические модели»  
по направлению подготовки 01.04.02 Прикладная математика и информатика, профиль «Методы математического  
моделирования в ракетно-космической технике»

Версия документа - 1

стр. 3 из 27

Первый экземпляр \_\_\_\_\_

КОПИЯ № \_\_\_\_\_

## 1. ПАСПОРТ ФОНДА ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Направление подготовки: *01.04.02 «Прикладная математика и информатика»*

Направленность (профиль): *Методы математического моделирования в РКТ*  
Дисциплина: *Непрерывные математические модели*

Семестр изучения: *4*

Форма промежуточной аттестации: *зачет*

## 2. ПЕРЕЧЕНЬ ФОРМИРУЕМЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ

### 2.1. Компетенции, закреплённые за дисциплиной

Изучение дисциплины «Непрерывные математические модели» 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
ОПК-3	Способен разрабатывать математические модели и проводить их анализ при решении задач в области профессиональной деятельности	ОПК-3.1 Формулирует основные теоретические положения в области математического моделирования  ОПК-3.2 Демонстрирует умения давать содержательную интерпретацию полученных результатов при проведении анализа математических моделей	Для достижения ОПК-3.1: <i>знать</i> общие положения, связанные с понятием математической модели, основные подходы к построению и анализу математических моделей.  Для достижения ОПК-3.2: <i>уметь</i> производить теоретический анализ и компьютерное исследование математических моделей.  Для достижения ОПК-3.3: <i>владеть</i> навыками разработки математических моделей и их анализа при решении задач в области



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 «Непрерывные математические модели»  
по направлению подготовки 01.04.02 Прикладная математика и информатика, профиль «Методы математического  
моделирования в ракетно-космической технике»

Версия документа - 1

стр. 4 из 27

Первый экземпляр \_\_\_\_\_

КОПИЯ № \_\_\_\_\_

		ОПК-3.3 Имеет практический опыт разработки и проведения анализа математических моделей при решении задач	профессиональной деятельности.
--	--	---	--------------------------------

### 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	Раздел 1. Непрерывные математические модели 1	ОПК-3 <i>Знает</i> общие положения, связанные с понятием математической модели, основные подходы к построению и анализу математических моделей. <i>Умеет</i> производить теоретический анализ и компьютерное исследование математических моделей. <i>Владеет</i> навыками разработки математических моделей и их анализа при решении задач в области профессиональной деятельности.	Контрольная работа Практическое задание 1	Вопросы к зачету
2	Раздел 2. Непрерывные математические модели 2	ОПК-3 <i>знает</i> понятие непрерывной математической модели и ее особенностей; <i>умеет</i> исследовать непрерывные математические модели; <i>владеет</i> методами построения непрерывных математических моделей для практических приложений.	Контрольная работа Практическое задание 2	Вопросы к зачету

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 Содержание оценочных средств для текущей аттестации



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 «Непрерывные математические модели»  
по направлению подготовки 01.04.02 Прикладная математика и информатика, профиль «Методы математического  
моделирования в ракетно-космической технике»

Версия документа - 1

стр. 5 из 27

Первый экземпляр \_\_\_\_\_

КОПИЯ № \_\_\_\_\_

### 3.2.1 Перечень практических заданий

№ п/п	Формулировка задачи	Решение/ответ	Код контролируемой компетенции
1	<p>Раздел 1</p> <p>Рассматривается идеальная одноступенчатая ракета, у которой непрерывно отбрасывается отработавшая и ставшая ненужной часть структурной массы (к моменту полного сгорания топлива <math>m_s=0</math>).</p> <p>Пользуясь законом сохранения импульса покажите, что максимальная скорость такой ракеты определяется по формуле <math>v=v_0+u \ln(1+m_0/m_p)</math>.</p>	См. приложение А.1	ОПК-3
2	<p>Раздел 2</p> <p>Даны масса камня, начальные координаты, начальные скорости и угол броска камня. Движение происходит в поле силы тяжести с постоянным ускорением свободного падения и описывается вторым законом Ньютона. Сопротивлением воздуха пренебрегаем. Фазовыми переменными являются координаты камня и компоненты скорости.</p> <p>Определить закон движения камня и изменение скорости. Построить графики.</p> <p>Сила сопротивления воздуха направлена против движения камня. Ее компоненты выражаются через компоненты скорости по формуле <math>F_{тр} = Av + Bv^3</math>, где <math>A=0.1 \text{ Нс/м}</math>, <math>B=0.001 \text{ Нс}^3/\text{м}^3</math></p> <p>Определить закон движения камня и изменение скорости с учетом сопротивления воздуха.</p> <p>Построить графики. Построить на одном рисунке графики движения камня без учета и с учетом сопротивления воздуха.</p>	См. приложение А.2	ОПК-3

### 3.2.2 Примеры вопросов для контрольной работы

Контрольная работа 1

Билет 1

1. Понятие математической модели. Примеры.



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 «Непрерывные математические модели»  
по направлению подготовки 01.04.02 Прикладная математика и информатика, профиль «Методы математического  
моделирования в ракетно-космической технике»

Версия документа - 1

стр. 6 из 27

Первый экземпляр \_\_\_\_\_

КОПИЯ № \_\_\_\_\_

## 2. Формулирование математической задачи.

Контрольная работа 2

Билет 2

1. Построение моделей на основе законов сохранения: модель ракеты.
2. Принцип Гамильтона: шарик на пружинке.

### 3.3 Критерии оценивания по видам оценочных средств

#### Контрольная работа

«Отлично»

Свободно владеет понятийным аппаратом, умеет использовать его при анализе философских категорий.

Знание и свободное владение фактическим материалом по теме.

Достаточно глубоко знает принципы формулирования философской позиции.

Умеет выявлять и анализировать проблемы и предлагает способы их решения. Умеет оценивать результат.

Свободное владение речью, логичность и последовательность в изложении материала.

«Хорошо»

Владеет понятийным аппаратом, но при использовании его допускает неточности.

Незначительные неточности в изложении фактического материала.

Допускает незначительные ошибки при формулировании философской позиции.

Допускает отдельные неточности и затруднения при анализе и выявлении проблем и предложении решений.

Испытывает отдельные затруднения в логичности и последовательности изложения материала.

«Удовлетворительно»

В основном знает содержание понятий, но допускает ошибки в их использовании.

Испытывает затруднения в изложении фактического материала.

Испытывает значительные затруднения при формулировании философской позиции.

Испытывает значительные трудности при анализе фактического



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 «Непрерывные математические модели»  
по направлению подготовки 01.04.02 Прикладная математика и информатика, профиль «Методы математического  
моделирования в ракетно-космической технике»

Версия документа - 1

стр. 7 из 27

Первый экземпляр \_\_\_\_\_

КОПИЯ № \_\_\_\_\_

материала и формировании решения проблем.

Материал в значительной степени излагается бессистемно и с нарушением логических связей.

«Неудовлетворительно»

Не владеет основными понятиями по предмету.

Не владеет фактическим материалом.

Отсутствуют знания основных принципов формулирования философской позиции.

Не умеет анализировать и выявлять проблемы философского характера в конкретных ситуациях.

Отсутствие логики в изложении материала

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».

### **Практическая работа**

«Отлично»

Задача практической работы выполнена полностью либо с незначительными недоработками. Магистрант легко ориентируется в содержании учебного материала, свободно пользуется понятийным аппаратом, обладает умением связывать теорию с практикой, высказывать и обосновывать свои суждения. Может проанализировать поставленную задачу, пояснить выбранный подход и обозначить шаги по устранению возможных недоработок

«Хорошо»

Задача практической работы выполнена не полностью, с недоработками. Магистрант демонстрирует полное освоение теоретического материала, владеет понятийным аппаратом, ориентируется в изученном материале, грамотно излагает свою позицию, способен проанализировать поставленную задачу и выбор подхода к ней

«Удовлетворительно»



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 «Непрерывные математические модели»  
по направлению подготовки 01.04.02 Прикладная математика и информатика, профиль «Методы математического  
моделирования в ракетно-космической технике»

Версия документа - 1

стр. 8 из 27

Первый экземпляр \_\_\_\_\_

КОПИЯ № \_\_\_\_\_

Задача практической работы не выполнена, магистрант демонстрирует неполное освоение теоретического материала, плохо владеет понятийным аппаратом, плохо ориентируется в изученном материале, неуверенно излагает свою позицию, однако может проанализировать поставленную задачу и выбор подхода к ней

«Неудовлетворительно»

Задача практической работы не выполнена, магистрант имеет разрозненные, бессистемные знания, не умеет выделять главное и второстепенное, допускает ошибки в определении понятий, искажающие их смысл; беспорядочно и неуверенно излагает материал. Не может проанализировать поставленную задачу и объяснить выбор подхода к ней.

#### **4. ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ**

##### **4.1 Порядок проведения и содержание оценочных средств для промежуточной аттестации**

Промежуточная аттестация проводится в форме зачета в 4-м семестре.

Студент отвечает на два вопроса из выбранного случайным образом билета. Во время подготовки можно использовать справочные материалы. Время подготовки – 20 минут. Продолжительность ответа – 10 минут.

Оценочные средства для промежуточной аттестации представлены базой вопросов к зачету.

##### **4.1.1 База вопросов к зачету**

№ п/п	Формулировка вопроса	Варианты ответов/ правильный ответ/план ответа	Код контролируемой компетенции
<i>Раздел 1</i>			
1	Понятие математической модели. Примеры.	Привести определение математической модели. Виды математических моделей (линейные, нелинейные, детерминированные, стохастические, дискретные, непрерывные) Примеры конкретных математических моделей (модель полета камня, нагрева заготовки).	ОПК-3
2	Требование адекватности. Примеры.	Определение адекватности математической модели (способность	ОПК-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 «Непрерывные математические модели»  
по направлению подготовки 01.04.02 Прикладная математика и информатика, профиль «Методы математического  
моделирования в ракетно-космической технике»

Версия документа - 1

стр. 9 из 27

Первый экземпляр \_\_\_\_\_

КОПИЯ № \_\_\_\_\_

		отражать заданные свойства объекта с погрешностью, не выше заданной). Определение оценки адекватности математической модели (проверка соответствия модели реальной системе). Подходы к оценке адекватности (по средним значениям откликов модели и системы, по дисперсиям отклонений откликов модели от среднего значения откликов систем). Привести пример оценки адекватности.	
3	Требование достаточной простоты. Примеры.	Определения достаточности (модель не должна быть "перегружена" второстепенными факторами). Пример оценки достаточности (при моделировании электрических цепей не нужно описывать движение электронов).	ОПК-3
4	Требования полноты, продуктивности, робастности и наглядности. Примеры.	Определения полноты (модель позволяет с помощью математических методов получить интересующий результат). Определение продуктивности (в модель должны входить такие величины, которые можно реально измерить). Определение робастности (независимость влияния на результат исследования различного рода выбросов, устойчивости к помехам). Определение наглядности (ясность физического смысла параметров модели). Примеры оценки полноты, продуктивности, робастности, наглядности на конкретной модели (например, при моделировании нагрева заготовки).	ОПК-3
5	Структурные и функциональные модели. Примеры.	Определение и особенности структурной модели (предназначены для отображения структурных свойств объекта). Определение и особенности функциональной модели (предназначены для отображения физических или информационных	ОПК-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 «Непрерывные математические модели»  
по направлению подготовки 01.04.02 Прикладная математика и информатика, профиль «Методы математического  
моделирования в ракетно-космической технике»

Версия документа - 1

стр. 10 из 27

Первый экземпляр \_\_\_\_\_

КОПИЯ № \_\_\_\_\_

		процессов, протекающих в технологических системах при их функционировании). Примеры структурной и функциональных моделей (структурная схема/модель теплопереноса)	
6	Дискретные и непрерывные модели. Примеры.	Определение непрерывной модели (отражают непрерывные процессы, протекающие во времени). Определение дискретной модели (описывают дискретные процессы). Примеры непрерывной и дискретной моделей (движение камня описывает система дифф. уравнений / цифровая СУ).	ОПК-3
7	Детерминированные и вероятностные модели. Примеры.	Определение детерминированной модели (аналитическое представление закономерности, операции и т.п., при которых для данной совокупности входных значений на выходе системы может быть получен единственный результат). Определение вероятностной модели (все или хотя бы некоторые переменные принимают случайные значения или являются их функциями, для описания которых необходим математический аппарат теории вероятностей и математической статистики). Примеры детерминированной и вероятностной моделей (база адресов/надёжность).	ОПК-3
8	Линейные и нелинейные модели. Примеры	Определение линейной модели (задаются в виде линейной формы управляющих переменных и имеют линейные ограничения. Справедлив принцип суперпозиции). Определение нелинейной модели (не подчиняются принципу суперпозиции). Примеры линейной и нелинейной моделей.	ОПК-3
9	Линеаризация. Примеры.	Определение линеаризации (исследование нелинейной системы заменяется анализом линейной системы). Основные способы	ОПК-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 «Непрерывные математические модели»  
по направлению подготовки 01.04.02 Прикладная математика и информатика, профиль «Методы математического  
моделирования в ракетно-космической технике»

Версия документа - 1

стр. 11 из 27

Первый экземпляр \_\_\_\_\_

КОПИЯ № \_\_\_\_\_

		линеаризации (аналитический метод, метод замены переменных, логарифмирования, обратного преобразования). Пример применения линеаризации (линеаризовать функцию заменой на прямую в малом диапазоне).	
10	Построение содержательной модели. Примеры.	Определение содержательной модели (абстрактная модель, определяющая структуру моделируемой системы, свойства ее элементов и причинно-следственные связи, присущие системе и существенные для достижения цели моделирования). Принципы построения содержательной модели (идеализация, выписываются соответствующие соотношения, т.е. перевод на формальный математический язык) Примеры содержательных моделей (идеальная пружина, маятник).	ОПК-3
11	Формулирование математической задачи. Примеры.	Определение математической постановки задачи (формулировка задачи как задачи некоторого раздела математики; совокупность математических соотношений, описывающих поведение и свойства объекта моделирования). Примеры формулирования математической задачи (уравнение движения тела в поле тяготения Земли, описываемое с помощью дифф. уравнений)	ОПК-3
12	Подбор эмпирической формулы. Примеры.	Определение эмпирической формулы (приближенные значения аналитических формул или формулы, описывающие закономерности результатов эксперимента). Метод выбранных точек; Метод средних; Метод наименьших квадратов. Примеры подбора эмпирических формул (в физических экспериментах; степенная, показательная и т.д.).	ОПК-3
13	О размерностях величин. Примеры.	Определение размерности (выражение, показывающее связь этой величины с основными величинами данной	ОПК-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 «Непрерывные математические модели»  
по направлению подготовки 01.04.02 Прикладная математика и информатика, профиль «Методы математического  
моделирования в ракетно-космической технике»

Версия документа - 1

стр. 12 из 27

Первый экземпляр \_\_\_\_\_

КОПИЯ № \_\_\_\_\_

		системы физических величин). Примеры анализа контроля размерности (второй закон Ньютона).	
14	Подобие объектов. Примеры.	Определение подобия (взаимно-однозначное соответствие между двумя объектами, при котором возможен переход от параметров одного объекта к параметрам другого). Примеры применения подобия (подобие треугольников, подобие параметров при гидродинамических экспериментах).	ОПК-3
15	Иерархический подход к построению моделей. Примеры.	Понятие иерархический подхода к построению моделей (постепенное наращивание модели, от простой к сложной). Примеры применения иерархический подхода к построению моделей (многоступенчатая ракета).	ОПК-3
16	Конечные уравнения. Примеры.	Конечно-разностные уравнения (определение, метод конечных разностей; замена производных разностными схемами). Метод конечных объемов (численный метод интегрирования систем дифференциальных уравнений в частных производных; привести математическое описание). Примеры (в задачах теплопереноса, аэродинамики)	ОПК-3
17	Уравнения для функций одного аргумента.	Определение функционального уравнения (уравнение, выражающее связь между значением функции в одной точке с её значениями в других точках) Запись и решение (формулировка) функционального уравнения для функции одного аргумента	ОПК-3
18	Уравнения для функций нескольких аргументов.	Определение функционального уравнения (уравнение, выражающее связь между значением функции в одной точке с её значениями в других точках) Запись и решение (формулировка)	ОПК-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 «Непрерывные математические модели»  
по направлению подготовки 01.04.02 Прикладная математика и информатика, профиль «Методы математического  
моделирования в ракетно-космической технике»

Версия документа - 1

стр. 13 из 27

Первый экземпляр \_\_\_\_\_

КОПИЯ № \_\_\_\_\_

		функционального уравнения для функции нескольких аргумента.	
19	Задачи на экстремум с конечным числом степеней свободы. Примеры.	Определение понятия «число степеней свободы». Необходимые и достаточные условия экстремума. Уравнения связи. Метод Лагранжа.	ОПК-3
20	Задачи на экстремум с искомой функцией. Примеры.	Пример классической постановки вариационной задачи (типа задачи о брахистотроне).	ОПК-3

<i>Раздел 2</i>			
1	Построение моделей на основе законов сохранения. Пример.	Законы сохранения (сохранения массы, неразрывности потока, сохранения энергии, сохранения импульса) Пример применения закона сохранения в прикладных задачах (вывод формулы Циолковского)	ОПК-3
2	Применение вариационных принципов в построении модели. Пример.	Понятие вариационных принципов в построении модели (общие утверждения о рассматриваемом объекте; что из всех возможных вариантов его поведения выбираются лишь те, которые удовлетворяют определенному условию). Пример (автомобиль, движущийся с постоянной скоростью $v$ , должен попасть из точки А в точку В и при этом коснуться некоторой прямой линии С)	ОПК-3
3	Применение аналогий при построении моделей. Пример.	Аналогии при построении моделей (некоторые процессы в природе описываются аналогичными законами). Пример построения модели с применением аналогий (законы теплопереноса имеют аналогию с законами в электрических цепях).	ОПК-3
4	Траектория всплытия подводной лодки. Пример.	Построение траектории всплытия подводной лодки с применением принципов построения математических моделей (вывести уравнения движения, построить график).	ОПК-3
5	Движение в поле сил тяготения. Пример.	Построение модели движения материальной точки в поле сил тяготения (вывести уравнения	ОПК-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 «Непрерывные математические модели»  
по направлению подготовки 01.04.02 Прикладная математика и информатика, профиль «Методы математического  
моделирования в ракетно-космической технике»

Версия документа - 1

стр. 14 из 27

Первый экземпляр \_\_\_\_\_

КОПИЯ № \_\_\_\_\_

		динамики движения, построить график).	
6	Принцип Гамильтона. Пример.	Определение принципа Гамильтона (способ получения уравнений движения физической системы при помощи поиска стационарного значения действия). Пример применения принципа Гамильтона (уравнение движения частицы через полярные координаты).	ОПК-3
7	Колебания жидкости в сосуде.	Формулировка задачи об U-образной трубке с жидкостью. Получение уравнения изменения уровней жидкости на основе сохранения закона сохранения энергии. Аналогия с колебанием шарика на пружинке.	ОПК-3
8	Колебания в электрическом контуре.	Вывести дифференциальное уравнение колебаний в LC-цепи из выражения напряжения катушки индуктивности и тока через конденсатор. Записать общий вид решения.	ОПК-3
9	Взаимодействие биологических популяций.	Записать систему дифференциальных уравнений, описывающих взаимодействие двух видов. Проанализировать модель и сделать выводы: уравнения конкуренции предсказывают выживание одного из двух видов в случае, если собственная скорость роста другого вида меньше некоторой критической величины; оба вида могут сосуществовать, если произведение коэффициентов межпопуляционного взаимодействия меньше произведения коэффициентов внутривидового взаимодействия.	ОПК-3
10	Модель зарплаты и занятости.	Построение модели зарплаты и занятости, исходя из предположений: работодатели изменяют зарплату пропорционально отклонению численности занятых от равновесного значения, число работников увеличивается или уменьшается также	ОПК-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 «Непрерывные математические модели»  
по направлению подготовки 01.04.02 Прикладная математика и информатика, профиль «Методы математического  
моделирования в ракетно-космической технике»

Версия документа - 1

стр. 15 из 27

Первый экземпляр \_\_\_\_\_

КОПИЯ № \_\_\_\_\_

		пропорционально росту или уменьшению зарплаты относительно значения зарплаты $p_0$ . Получить уравнение колебаний.	
11	Нелинейные модели. Примеры	Определение нелинейных моделей (принцип суперпозиции не выполняется). Примеры нелинейных моделей (датчики, процессы в природе).	ОПК-3
12	Волновое уравнение и уравнение теплопроводности. Основные краевые задачи.	Запись волнового уравнения с пояснениями $(\Delta u = \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} \Delta u = \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 u}{\partial t^2})$ . Запись уравнения теплопроводности с пояснениями $(\frac{1}{a} \frac{\partial T}{\partial \tau} - \Delta T = \frac{q_v}{\lambda})$ . Определение краевых задач. Граничные условия I-IV рода. Волновое уравнение, уравнение Лапласа, уравнение теплопроводности. Краевые задачи 1,2,3 рода (граничные условия 1,2,3 рода).	ОПК-3
13	Поток частиц в трубе. Уравнение переноса.	Нарисовать схему движения частиц в трубе. Допущения, применяемые при построении модели (частицы между собой не взаимодействуют; начальная скорость частиц в одном поперечном сечении одинакова; начальная плотность зависит только от координаты; внешние силы, действующие на частицы, направлены вдоль оси). Запись уравнения переноса с пояснениями (дифференциальное уравнение в частных производных, описывающее изменение скалярной величины в пространстве и времени; $\frac{\partial u}{\partial \tau} + v \cdot \text{grad } u = 0$ – уравнение линейного переноса).	ОПК-3
14	Модель движения грунтовых вод. Уравнение Буссинеска.	Описание модели движения грунтовых вод уравнением Буссинеска (описывает форму свободной поверхности жидкости при её течении в пористом грунт). Привести уравнение	ОПК-3
15	Применимость математического анализа	Примеры из истории развития математики и механики (Эйлер,	ОПК-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 «Непрерывные математические модели»  
по направлению подготовки 01.04.02 Прикладная математика и информатика, профиль «Методы математического  
моделирования в ракетно-космической технике»

Версия документа - 1

стр. 16 из 27

Первый экземпляр \_\_\_\_\_

КОПИЯ № \_\_\_\_\_

	в прикладных исследованиях. Примеры.	Бернулли, Жуковский, Циолковский ...)	
16	Метрические и линейные нормированные пространства. Мера. Интеграл Лебега.	Определение метрических пространств. Определение линейных нормированных пространств. Определение меры. Примеры мер (Жордана, Бореля, Лейбега) Определение интеграла Лейбега и его связь с мерой.	ОПК-3
17	Гильбертовы пространства. Базисы.	Неравенства Гёльдера для сумм и для интегралов. Определение и примеры гильбертовых пространств. Непрерывность скалярного произведения. Критерий гильбертовости пространства (равенство параллелограмма). Определение базиса. Виды базисов (базис Гамеля, базис Шаудера). Ортогональные базисы.	ОПК-3
18	Линейные и нелинейные операторы. Обобщенные функции.	Определение линейного оператора. Операторы Фредгольма и Вольтерра. Непрерывные и ограниченные операторы, критерий непрерывности линейного оператора. Норма оператора. Алгоритм отыскания нормы оператора. Определение обобщенных функций. Операции над обобщенными функциями (произведение, дифференцирование). Свойства обобщенных функций. Примеры обобщенных функций (локально конечная мера).	ОПК-3
19	Принцип максимума и теоремы сравнения.	Формулировка принципа максимума (функция может принимать экстремальные значения либо в начальный момент времени, либо на границе области $D$ ). Формулировка теорем сравнения ( $ y(P)  \leq Y(P) \forall P \in \bar{\omega}_n$ $ y(P)  \leq Y(P) \forall P \in \bar{\omega}_n$ , /оценка).	ОПК-3
20	Методы построения и исследования решений.	Классификация методов (аналитический, численный, Структурный, имитационный ...) Определения понятий верификации и	ОПК-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 «Непрерывные математические модели»  
по направлению подготовки 01.04.02 Прикладная математика и информатика, профиль «Методы математического  
моделирования в ракетно-космической технике»

Версия документа - 1

стр. 17 из 27

Первый экземпляр \_\_\_\_\_

КОПИЯ № \_\_\_\_\_

		валидации модели и ПО. Свойство и проверка адекватности.	
21	Асимптотические разложения.	Определение асимптотического разложения, математическая формулировка. Область применения асимптотического разложения (аппроксимация функций)	ОПК-3
22	Интегральные представления решений.	Условие неразрывности в газовой динамике в интегральной и дифференциальной формах. Интегральная форма уравнений Эйлера в газовой динамике.	ОПК-3
23	Автомодельные решения.	Автомодельность (симметрия задачи, позволяющая скомпенсировать масштабные преобразования независимых переменных соответствующим растяжением решения). Определение автомодельного решения (решение некоторой системы или уравнения двух независимых переменных, в которое независимые переменные входят не произвольным образом, а лишь в комбинации). Питеорема. Примеры применения автомодельных решений (в аэрогазодинамике).	ОПК-3
24	Решения типа бегущих и стоячих волн.	Уравнения бегущей и стоячей волны. Запись с пояснениями решения типа бегущей волны ( $u(x, t) = A(t)g(x - Vt)$ ) Запись с пояснениями решения типа стоячей волны ( $Y(z, t) = Z(t)\Gamma(Tt)$ )	ОПК-3
25	Обобщенные решения.	Определение обобщенной производной. Определение обобщенного решения дифференциального уравнения. Обобщенное решение первой краевой задачи для эллиптического уравнения. Теорема Рисса (формулировка). Теоремы существования и единственности обобщенного решения (формулировка). Обобщенное решение второй краевой задачи для эллиптического уравнения. Теоремы существования и единственности	ОПК-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 «Непрерывные математические модели»  
по направлению подготовки 01.04.02 Прикладная математика и информатика, профиль «Методы математического  
моделирования в ракетно-космической технике»

Версия документа - 1

стр. 18 из 27

Первый экземпляр \_\_\_\_\_

КОПИЯ № \_\_\_\_\_

		обобщенного решения (формулировка). Примеры применения обобщенных решений (обобщенные решения уравнений колебаний)	
26	Степень точности решения.	Определение точности (заданный уровень допустимого несоответствия значений их действительных параметров расчётным значениям). Определение абсолютной погрешности. Определение относительной погрешности. Оценка требуемой точности в математическом моделировании.	ОПК-3
27	Численное моделирование. Элементарные понятия теории разностных схем.	Определение численного моделирования (создание математической модели движения изучаемой системы и дальнейшее её исследование с использованием численных методов, которые реализуются на ЭВМ). Определение разностной схемы (конечная система алгебраических уравнений, поставленная в соответствие какой- либо дифференциальной задаче, содержащей дифференциальное уравнение и дополнительные условия). Сетки и сеточные функции. Понятие сходимости разностной схемы (сходимость к точному решению при уменьшении шага сетки). Устойчивость разностной схемы.	ОПК-3

#### 4.1.3 Образец билета к зачету:

ФГБОУ ВО «Челябинский государственный университет»  
Миасский филиал  
Кафедра прикладной математики

Направление «Прикладная математика и информатика»

Дисциплина «Непрерывные математические модели»

Билет №1

1. Понятие математической модели. Примеры.



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 «Непрерывные математические модели»  
по направлению подготовки 01.04.02 Прикладная математика и информатика, профиль «Методы математического  
моделирования в ракетно-космической технике»

Версия документа - 1

стр. 19 из 27

Первый экземпляр \_\_\_\_\_

КОПИЯ № \_\_\_\_\_

## 2. Формулирование математической задачи.

Преподаватель  
Зав. кафедрой прикладной математики

Ю.А. Мокин  
Е.В. Дутикова

## 4.2 Критерии оценивания компетенций в ходе промежуточной аттестации

Код компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине	Критерии оценивания	
		Зачтено	Не зачтено
ОПК-3	<p><i>Знает</i> общие положения, связанные с понятием математической модели, основные подходы к построению и анализу математических моделей.</p> <p><i>Умеет</i> производить теоретический анализ и компьютерное исследование математических моделей.</p> <p><i>Владеет</i> навыками разработки математических моделей и их анализа при решении задач в области профессиональной деятельности.</p>	<p><i>Знает</i> общие положения, связанные с понятием математической модели, основные подходы к построению и анализу математических моделей.</p> <p><i>Умеет</i> производить теоретический анализ и компьютерное исследование математических моделей.</p> <p><i>Владеет</i> навыками разработки математических моделей и их анализа при решении задач в области профессиональной деятельности.</p>	<p><i>Не знает</i> общие положения, связанные с понятием математической модели, основные подходы к построению и анализу математических моделей.</p> <p><i>Не умеет</i> производить теоретический анализ и компьютерное исследование математических моделей.</p> <p><i>Не владеет</i> навыками разработки математических моделей и их анализа при решении задач в области профессиональной деятельности.</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 «Непрерывные математические модели»  
по направлению подготовки 01.04.02 Прикладная математика и информатика, профиль «Методы математического  
моделирования в ракетно-космической технике»

Версия документа - 1

стр. 20 из 27

Первый экземпляр \_\_\_\_\_

КОПИЯ № \_\_\_\_\_

### 4.3 Критерии оценивания зачета

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

– магистрант глубоко и полно владеет содержанием учебного материала; умеет связывать теорию с практикой, решает соответствующие задачи, теоретические выводы подтверждает примерами, фактами, данными научных исследований; осуществляет межпредметные связи, предложения. Делает выводы логично, четко. Ясно и кратко излагает ответы на поставленные вопросы; умеет обосновывать свои суждения и профессионально-личностную позицию по излагаемому вопросу. Дает полный, развернутый ответ на поставленный вопрос; показана совокупность осознанных знаний об объекте изучения, доказательно раскрыты основные положения (свободно оперирует понятиями, терминами, персоналиями и др.); в ответе прослеживается четкая структура, выстроенная в логической последовательности; ответ изложен литературным грамотным языком и носит самостоятельный характер.

– ответ магистранта 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, персоналий, терминов, дат и др, допущенные ошибки исправляются магистрантом после дополнительных вопросов преподавателя.

– магистрант обнаруживает знание и понимание основных положений учебного материала, но излагает его неполно, непоследовательно, допускает неточности и существенные ошибки в определении понятий, формулировке положений, не привлекает для аргументации ответа основные положения концептуальных и нормативных документов, не умеет обосновать свои суждения; наблюдается нарушение логики изложения; в ответе не присутствуют доказательные выводы; сформированность умений показана слабо. Ответ отличается низким уровнем самостоятельности, не содержит собственной профессионально-личностной позиции.

**Оценка «не зачтено»** за письменный и письменно-устный ответ магистранта по вопросам дисциплины выставляется в случаях, когда:

– магистрант имеет разрозненные, бессистемные знания: не умеет выделять главное и второстепенное; допускает ошибки в определении



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 «Непрерывные математические модели»  
по направлению подготовки 01.04.02 Прикладная математика и информатика, профиль «Методы математического  
моделирования в ракетно-космической технике»

Версия документа - 1

стр. 21 из 27

Первый экземпляр \_\_\_\_\_

КОПИЯ № \_\_\_\_\_

понятий, формулировке теоретических положений, искажает их смысл; не ориентируется в нормативно-концептуальных, программно-методических, исследовательских материалах, 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.

### **Результаты промежуточной аттестации и уровни сформированности компетенций**

<b>Уровень освоения компетенций</b>	<b>Оценка</b>
Продвинутый	Зачтено
Базовый	Зачтено
Пороговый	Зачтено

#### **Уровни формирования компетенций:**

##### **1. Пороговый уровень:**

- предполагает формирование компетенций на начальном уровне: знание базовых терминов, основных понятий непрерывных математических моделей;
- студент способен давать ответы на теоретические вопросы дисциплины, использовать базовые термины; производить построение, верификацию и реализацию непрерывных математических моделей.

##### **2. Базовый уровень:**

- предполагает формирование компетенций на более высоком уровне: формируется понимание определений и теорем теории непрерывных математических моделей с доказательствами;
- студент способен решать более сложные задачи теории непрерывных математических моделей, умеет доказывать основные положения теории.

##### **3. Продвинутый уровень:**

- предполагает формирование компетенций на высоком уровне, готовность к самостоятельной профессиональной деятельности:



формируется знание системы терминов, межпредметные связи; понимание доказательств основных теорем теории непрерывных математических моделей;

- студент способен использовать систему научных понятий теории непрерывных математических моделей, решать задачи на доказательство утверждений теории непрерывных математических моделей, применять теоретические положения для решения практических задач с применением прикладных пакетов.

## Приложение А – Решение практических заданий

### А.1 – Решение практического задания 1

Для вычисления импульса ракеты и импульса реактивных газов введем следующие величины:

- $mm$  – масса ракеты;
- $\Delta m \Delta t$  – отбрасываемая масса ракеты за малый промежуток времени;
- $vv$  – скорость ракеты в текущий момент времени;
- $\Delta v \Delta t$  – приращение скорости ракеты за малый промежуток времени;
- $uu$  – скорость отбрасываемых газов;

Импульс ракеты вычисляется из следующего выражения:

$$p_p = (m - \Delta m) \cdot (v + \Delta v)$$

Импульс реактивных газов вычисляется из следующего выражения:

$$p_{\text{реакт.}} = m \cdot (v - u)$$

Исходя из закона сохранения импульса, можно записать равенство:

$$p = p_p + p_{\text{реакт.}}$$

Выполнив подстановку полученных выше соотношений, получим:

$$mv = (m - \Delta m) \cdot (v + \Delta v) + m \cdot (v - u)$$



Раскрыв скобки и упростив выражение, получим:

$$m \cdot \Delta v = -\Delta m \cdot u - \Delta m \cdot \Delta v$$

Слагаемым  $\Delta m \cdot \Delta v$  можно пренебречь, т.к.  $\Delta m$  много меньше по сравнению с  $m$ . Разделив обе части выражения на  $dt$ , получим:

$$m \frac{dv}{dt} = -u \frac{dm}{dt}$$

Выразим из полученного соотношения  $dv$ :

$$dv = -u \frac{dm}{m}$$

Интегрируем левую часть выражения по скорости, а правую часть по массе:

$$\int_{v_0}^v dv = -u \int_{m_0}^m \frac{dm}{m}$$

где  $m_0$  – стартовая масса ракеты;

$v_0$  – стартовая скорость ракеты;

Проинтегрировав данное выражение, получим:

$$v - v_0 = -u \ln \frac{m}{m_0}$$

Выразим из полученного выражения  $v$  и проведем преобразования:

$$v = v_0 + u \ln \frac{m_0}{m}$$

Представим стартовую массу ракеты как сумму массы топлива и самой ракеты:



$$v = v_0 + u \ln \frac{m_\tau + m_p}{m_p}$$

или

$$v = v_0 + u \ln \left( 1 + \frac{m_\tau}{m_p} \right)$$

## А.2 – Решение практического задания 2

Уравнения движения для камня без учета сопротивления воздуха будут иметь вид:

$$\begin{cases} \ddot{x}m = 0; \\ \ddot{y}m = -mg; \end{cases}$$

Разделив обе части уравнений на массу камня  $m$  и приведя данную систему дифференциальных уравнений к форме Коши, получим:

$$\begin{cases} \dot{x} = v_x, \\ \dot{y} = v_y, \\ \dot{v}_x = 0, \\ \dot{v}_y = -g; \end{cases}$$

Начальные условия:

$$\begin{cases} v_x(0) = v_0 \cdot \cos \alpha, \\ v_y(0) = v_0 \cdot \sin \alpha, \\ x(0) = x_0, \\ y(0) = y_0, \end{cases}$$

где  $v_0$  – начальная скорость камня;

$\alpha$  – угол броска камня к горизонту;

$x_0, y_0$  – начальные координаты броска.

Решив данную систему в прикладном пакете, должен быть получен график вида, представленном на рисунке 1. Данный график построен для следующего случая: масса камня  $m = 5 \text{ кг}$ , начальные координаты  $x_0 = y_0 = 0$ , начальная скорость броска  $v_0 = 50 \text{ м/с}$ , угол броска камня  $\alpha = 35^\circ$ .



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 «Непрерывные математические модели»  
по направлению подготовки 01.04.02 Прикладная математика и информатика, профиль «Методы математического  
моделирования в ракетно-космической технике»

Версия документа - 1

стр. 25 из 27

Первый экземпляр \_\_\_\_\_

КОПИЯ № \_\_\_\_\_

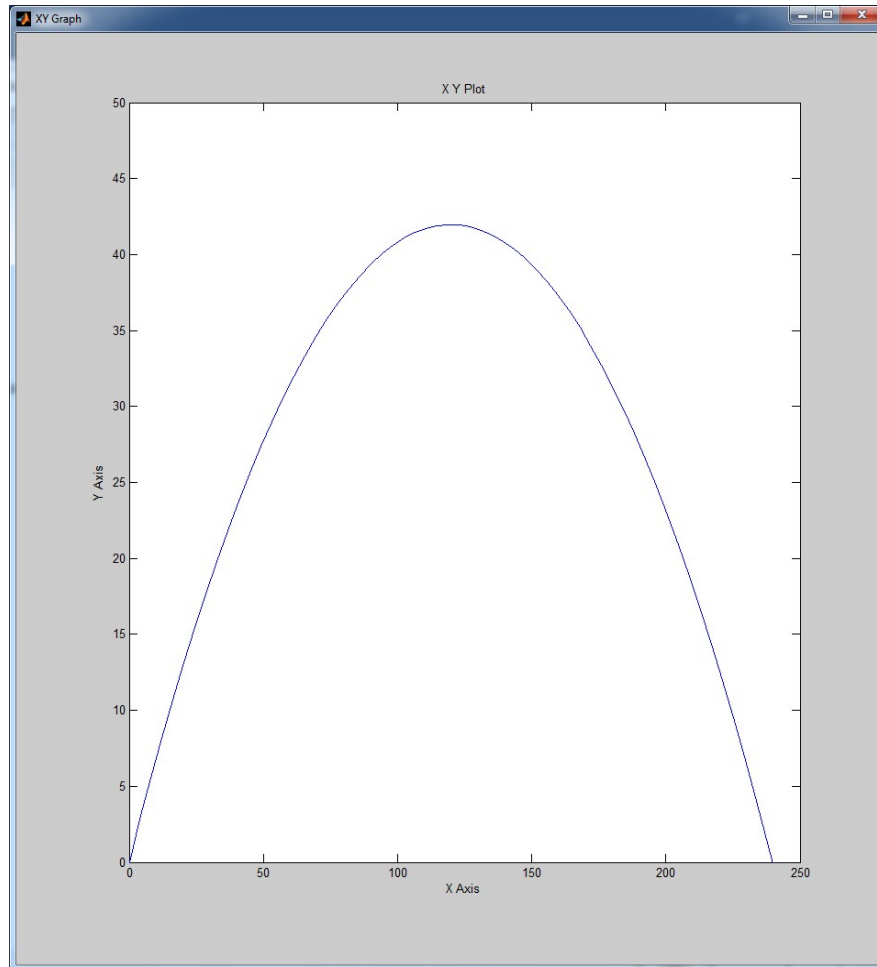


Рис. 1 Траектория камня без учета сопротивления воздуха

Уравнения движения для камня с учетом сопротивления воздуха будет иметь вид:

$$\begin{cases} \ddot{x}m = -F_x^{\text{ад}}; \\ \ddot{y}m = -mg - F_y^{\text{ад}}; \end{cases}$$

Выражение для вычисления аэродинамической силы сопротивления воздуха задана в условиях задачи и имеет вид:

$$F^{\text{ад}} = Av + Bv^3 \quad F^{\text{ад}} = Av + Bv^3,$$

где  $A = 0.1 \text{ Н} \cdot \text{с}/\text{м} = 0.1 \text{ Н} \cdot \text{с}/\text{м}$ ,  $B = 0.1 \text{ Н} \cdot \text{с}^3/\text{м}^3$ ,  $B = 0.1 \text{ Н} \cdot \text{с}^3/\text{м}^3$ .

Проекции аэродинамической силы на оси системы координат будут иметь вид:



$$F_x^{\text{ад}} = F^{\text{ад}} \cdot \frac{v_x}{v} = (Av + Bv^3) \cdot \frac{v_x}{v}$$
$$F_y^{\text{ад}} = F^{\text{ад}} \cdot \frac{v_y}{v} = (Av + Bv^3) \cdot \frac{v_y}{v}$$

где  $v$  – текущий модуль скорости, вычисляемый из выражения:

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$$

Исходя из вышеуказанных соотношений, получим следующую систему дифференциальных уравнений:

$$\begin{cases} \dot{x} = v_x, \\ \dot{y} = v_y, \\ \dot{v}_x m = -(Av + Bv^3) \cdot \frac{v_x}{v}, \\ \dot{v}_y m = -mg - (Av + Bv^3) \cdot \frac{v_y}{v}; \end{cases}$$

Разделив обе части уравнений на массу камня  $m$ , получим:

$$\begin{cases} \dot{x} = v_x, \\ \dot{y} = v_y, \\ \dot{v}_x = -\frac{1}{m} \cdot (Av + Bv^3) \cdot \frac{v_x}{v}, \\ \dot{v}_y = -g - \frac{1}{m} \cdot (Av + Bv^3) \cdot \frac{v_y}{v}; \end{cases}$$

Начальные условия:

$$\begin{cases} v_x(0) = v_0 \cdot \cos \alpha, \\ v_y(0) = v_0 \cdot \sin \alpha, \\ x(0) = x_0, \\ y(0) = y_0, \end{cases}$$

где  $v_0$  – начальная скорость камня;

$\alpha$  – угол броска камня к горизонту;

$x_0, y_0$  – начальные координаты броска.

Решив данную систему в прикладном пакете, должен быть получен график вида, представленном на рисунке 2. Данный график построен для следующего случая: масса



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 «Непрерывные математические модели»  
по направлению подготовки 01.04.02 Прикладная математика и информатика, профиль «Методы математического  
моделирования в ракетно-космической технике»

Версия документа - 1

стр. 27 из 27

Первый экземпляр \_\_\_\_\_

КОПИЯ № \_\_\_\_\_

камня  $m = 5 \text{ кг}$ , начальные координаты  $x_0 = y_0 = 0$ , начальная скорость броска  $v_0 = 50 \text{ м/с}$ , угол броска камня  $\alpha = 35^\circ$ .

Сравнивая рисунки 1 и 2 можно убедиться, что траектория полета камня на рисунке 2 меньше по дальности и высоте за счет сил аэродинамического сопротивления.

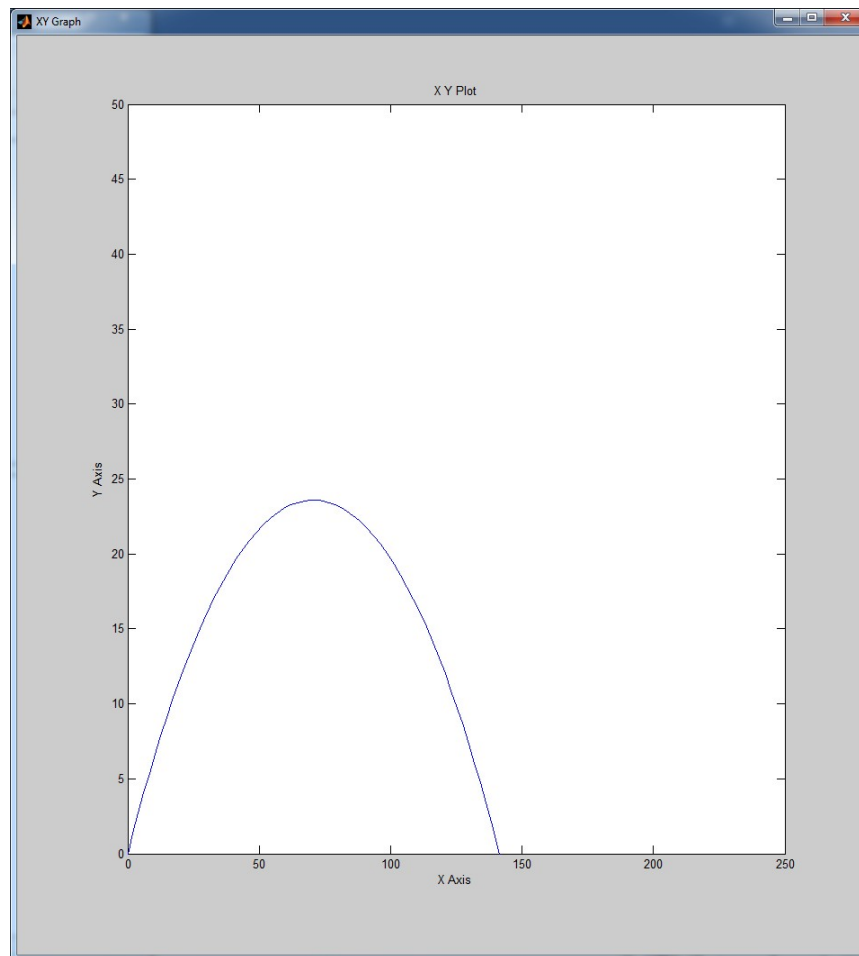


Рис. 2 Траектория камня с учетом сопротивления воздуха