

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Воронежский государственный технический университет»

УТВЕРЖДАЮ  
Декан факультета  Гусев П.Ю.  
«31» августа 2021 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА  
дисциплины**

**«Математические модели классической механики»**

**Направление подготовки 09.06.01 Информатика и вычислительная техника**

**Направленность 05.13.18 Математическое моделирование, численные  
методы и комплексы программ**

**Квалификация выпускника Исследователь. Преподаватель-исследователь**

**Нормативный период обучения 4 года**

**Форма обучения очная**

**Год начала подготовки 2021**

Автор программы



/ Батаронов И.Л./

Заведующий кафедрой  
Высшей математики и  
физико-математического  
моделирования



/ Батаронов И.Л./

Руководитель ОПОП



/ Батаронов И.Л./

Воронеж 2021

# 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

## 1.1. Цели дисциплины

Цель изучения дисциплины состоит в изучении и практическом освоении методологии математического моделирования, выбора численных методов решения моделей классической механики в рамках выбранной области исследования.

## 1.2. Задачи освоения дисциплины

Задачи освоения дисциплины состоят в следующем:

- сформировать у обучающихся целостную методологию математического моделирования на основе методов классической механики;
- освоить методологию выбора численных методов решения моделей классической механики в рамках области исследования;
- освоить методику анализа и идентификации моделей классической механики для задач в области исследования.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Математические модели классической механики» относится к дисциплинам вариативной части блока Б1 учебного плана.

## 3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Математические модели классической механики» направлен на формирование следующих компетенций:

ОПК-1 – владением методологией теоретических и экспериментальных исследований в области профессиональной деятельности

ОПК-5 – способностью объективно оценивать результаты исследований и разработок, выполненных другими специалистами и в других научных учреждениях

ПК-2 – способностью осуществлять математическую формализацию исследуемых объектов и систем на этапах анализа и синтеза

ПК-3 – готовностью реализовать математические и алгоритмические модели в виде программных компонент и баз данных

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
ОПК-1	<i>знать основные методы классической механики</i>

	<i>уметь применять методы классической механики для построения и исследования моделей</i>
	<i>владеть методами построения моделей на основе классической механики</i>
ОПК-5	<i>знать основные модели классической механики</i>
	<i>уметь применять модели классической механики для оценки результатов исследований</i>
	<i>владеть методами анализа результатов, полученных на основе моделей классической механики</i>
ПК-2	<i>знать основные методы формализации в задачах классической механики</i>
	<i>уметь применять модели классической механики для формализации объектов и систем</i>
	<i>владеть методами формализации в задачах классической механики</i>
ПК-3	<i>знать основные программные средства для решения задач классической механики</i>
	<i>уметь применять алгоритмизацию моделей классической механики</i>
	<i>владеть методами численного решения задач классической механики</i>

#### 4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Математические модели классической механики» составляет 3 з.е.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий  
**очная форма обучения**

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры
		5
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	10	10
В том числе:		
Лекции	10	10
Практические занятия (ПЗ)	–	–
<b>Самостоятельная работа</b>	98	98
Виды промежуточной аттестации - зачет	+	+
Общая трудоемкость:		
академические часы	108	108
зач.ед.	3	3

#### 5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

5.1 Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по видам занятий

**очная форма обучения**

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Прак зан.	СРС	Всего, час
1	Вариационный принцип	Вариационное исчисление. Уравнения Лагранжа. Преобразование Лежандра. Уравнения Гамильтона. Теорема Лиувилля	2		20	22
2	Лагранжева механика на многообразиях	Голономные связи. Дифференцируемые многообразия. Лагранжева динамическая система. Теорема Нётер. Принцип Даламбера	2		20	22
3	Моделирование колебаний	Линеаризация. Малые колебания. О поведении собственных частот. Параметрический резонанс	3		29	32
4	Моделирование движения твердого тела	Движение в подвижной системе координат. Силы инерции. Сила Кориолиса. Твердое тело. Уравнения Эйлера. Описание движения по Пуансо. Волчок Лагранжа. Спящий волчок и быстрый волчок	3		29	32
<b>Итого</b>			<b>10</b>		<b>98</b>	<b>108</b>

Практическая подготовка при освоении дисциплины проводится путем непосредственного выполнения обучающимися отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью, способствующих формированию, закреплению и развитию практических навыков и компетенций по профилю соответствующей образовательной программы на лекционных занятиях.

№ п/п	Семестр	Перечень выполняемых обучающимся отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью	Формируемые профессиональные компетенции
1	4	Разработка и анализ модели классической механики для объекта исследования	ПК-2, ПК-3

## 6. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА РЕФЕРАТОВ

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины не предусматривает выполнение реферата.

## 7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

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

### 7.1.1 Этап текущего контроля

Результаты текущего контроля знаний и межсессионной аттестации оцениваются по следующей системе:

«аттестован»;

«не аттестован».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Аттестован	Не аттестован
ОПК-1	знать <i>основные методы</i>	Активная работа	Выполнение работ в	Невыполнение работ

	<i>классической механики</i>	на лекционных занятиях, отвечает на теоретические вопросы	срок, предусмотренный в рабочих программах	в срок, предусмотренный в рабочих программах
	<i>уметь применять методы классической механики для построения и исследования моделей</i>	Решение стандартных практических задач	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	<i>владеть методами построения моделей на основе классической механики</i>	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
ОПК-5	<i>знать основные модели классической механики</i>	Активная работа на лекционных занятиях, отвечает на теоретические вопросы	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	<i>уметь применять модели классической механики для оценки результатов исследований</i>	Решение стандартных практических задач	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	<i>владеть методами анализа результатов, полученных на основе моделей классической механики</i>	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
ПК-2	<i>знать основные методы формализации в задачах классической механики</i>	Активная работа на лекционных занятиях, отвечает на теоретические вопросы	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	<i>уметь применять модели классической механики для формализации объектов и систем</i>	Решение стандартных практических задач	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	<i>владеть методами формализации в задачах классической механики</i>	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
ПК-3	<i>знать основные программные средства для решения задач классической механики</i>	Активная работа на лекционных занятиях, отвечает на теоретические вопросы	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	<i>уметь применять алгоритмизацию моделей классической механики</i>	Решение стандартных практических задач	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	<i>владеть методами численного решения задач классической механики</i>	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

### 7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 4 семестре для очной формы обучения по двухбалльной системе:

«зачтено»

«не зачтено»

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Зачтено	Не зачтено
ОПК-1	знать основные методы классической механики	Тест	Выполнение теста на 70-100%	Выполнение менее 70%
	уметь применять методы классической механики для построения и исследования моделей	Решение стандартных практических задач	Выполнение индивидуального практического задания в области исследования	Невыполнение индивидуального практического задания в области исследования
	владеть методами построения моделей на основе классической механики	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Выполнение индивидуальной прикладной задачи в области исследования	Невыполнение индивидуальной прикладной задачи в области исследования
ОПК-5	знать основные модели классической механики	Тест	Выполнение теста на 70-100%	Выполнение менее 70%
	уметь применять модели классической механики для оценки результатов исследований	Решение стандартных практических задач	Выполнение индивидуального практического задания в области исследования	Невыполнение индивидуального практического задания в области исследования
	владеть методами анализа результатов, полученных на основе моделей классической механики	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Выполнение индивидуальной прикладной задачи в области исследования	Невыполнение индивидуальной прикладной задачи в области исследования
ПК-2	знать основные методы формализации в задачах классической механики	Тест	Выполнение теста на 70-100%	Выполнение менее 70%
	уметь применять модели классической механики для формализации объектов и систем	Решение стандартных практических задач	Выполнение индивидуального практического задания в области исследования	Невыполнение индивидуального практического задания в области исследования
	владеть методами формализации в задачах классической механики	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Выполнение индивидуальной прикладной задачи в области исследования	Невыполнение индивидуальной прикладной задачи в области исследования
ПК-3	знать основные программные средства для решения задач классической механики	Тест	Выполнение теста на 70-100%	Выполнение менее 70%
	уметь применять алгоритмизацию моделей классической механики	Решение стандартных практических задач	Выполнение индивидуального практического задания в области исследования	Невыполнение индивидуального практического задания в области исследования
	владеть методами численного решения задач классической механики	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Выполнение индивидуальной прикладной задачи в области исследования	Невыполнение индивидуальной прикладной задачи в области исследования

## 7.2 Примерный перечень оценочных средств (типовые

**контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности)**

### **7.2.1 Примерный перечень заданий для подготовки к тестированию**

Не предусмотрено методикой оценки.

### **7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач**

1. Из скольких фазовых траекторий состоит сепаратриса, соответствующая уровню  $E_2$ .
2. Определить время движения по сепаратрисе.
3. Нарисовать фазовые траектории одномерного движения по графику потенциальной энергии.
4. Найти период малых колебаний в окрестности точки минимума потенциальной энергии.
5. Доказать, что если потенциальная энергия положительна, то фазовый поток существует.
6. Показать, что многообразие  $SO(3)$  гомеоморфно трехмерному вещественному проективному пространству.

### **7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач**

1. Является ли устойчивым по Ляпунову периодическое движение по замкнутой траектории, соответствующей уровню энергии  $E$ .
2. Доказать, что если отношение частот колебаний рациональна, то фигура Лиссажу является замкнутой алгебраической кривой.
3. В каком степенном центральном потенциальном поле движение по круговой орбите устойчиво по Ляпунову.
4. Найти все центральные поля, в которых ограниченные орбиты существуют и все замкнуты.
5. Доказать, что преобразование Лежандра квадратичной формы есть снова квадратичная форма.
6. Доказать, что  $SO(3)$  вложено в  $R^9$ .

### **7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету**

Уравнения Лагранжа.  
Преобразование Лежандра.  
Уравнения Гамильтона.  
Теорема Лиувилля.  
Голономные связи.  
Дифференцируемые многообразия.  
Лагранжева динамическая система.

Теорема Нётер.  
 Принцип Даламбера.  
 Линеаризация.  
 Малые колебания. Поведение собственных частот.  
 Параметрический резонанс.  
 Движение в подвижной системе координат. Силы инерции. Сила Кориолиса.  
 Твердое тело. Уравнения Эйлера. Описание движения по Пуансо.  
 Волчок Лагранжа. Спящий волчок и быстрый волчок.

### 7.2.5 Примерный перечень вопросов для экзамена

Не предусмотрено учебным планом

### 7.2.6. Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации

Зачет проводится по аттестационным заданиям, каждое из которых содержит 1 вопрос и 3 задачи. Правильный ответ на вопрос оценивается 5 баллов, каждая задача оценивается в 5 баллов. Максимальное количество набранных баллов – 20.

1. Не зачтено ставится в случае, если студент набрал менее 10 баллов.
2. Зачтено ставится в случае, если студент набрал от 10 до 20 баллов

### 7.2.7 Паспорт оценочных материалов

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства
1	Вариационный принцип	ОПК-1, ОПК-5, ПК-2, ПК-3	Тест, зачет, устный опрос
2	Лагранжева механика на многообразиях	ОПК-1, ОПК-5, ПК-2, ПК-3	Тест, зачет, устный опрос
3	Моделирование колебаний	ОПК-1, ОПК-5, ПК-2, ПК-3	Тест, зачет, устный опрос
4	Моделирование движения твердого тела	ОПК-1, ОПК-5, ПК-2, ПК-3	Тест, зачет, устный опрос

### 7.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Тестирование осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время выполнения 30 мин. Затем осуществляется проверка ответов экзаменатором и выставляется оценка согласно методике выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение стандартных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методике выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение прикладных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методике выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

## **8 УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ)**

### **8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины**

1. Головинский, Павел Абрамович. Математические модели: Теоретическая физика и анализ сложных систем. От формализма классической механики до квантовой интерференции. [Ч. 1] / Головинский Павел Абрамович. - М URSS, 2012 (М. : ООО "ЛЕНАНД", 2012). - 238 с.

2. Эргодические проблемы классической механики [Электронный ресурс] / В. И. Арнольд, Авец Андре; пер.: А. В. Борисов [и др.]. - Ижевск : Институт компьютерных исследований, Регулярная и хаотическая динамика, 2019. - 280 с. - URL: <http://www.iprbookshop.ru/92030.html>.

2. Ряжских, В. И. Обыкновенные дифференциальные уравнения с приложениями к задачам механики, физики, термодинамики и экологии учебное пособие / В. И. Ряжских, А. П. Бырдин, А. А. Сидоренко. – Воронеж: Воронежский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2019. – 183 с. – Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/93327.html>.

### **8.2 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного программного обеспечения, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем:**

ПО: windows, open office, Acrobat reader

Для выполнения домашних заданий рекомендуется использовать Mathstudio

Современная профессиональная база данных Mathnet.ru, e-library.ru

Информационные справочные системы dist.sernam.ru, Wikipedia

<http://eios.vorstu.ru/>

## **9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА**

9.1. **Лекции:** специализированное помещение для проведения лекций.

9.2. **Практические занятия:** не предусмотрены учебным планом.

## 10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

По дисциплине «Математические модели классической механики» читаются лекции, проводятся самостоятельные занятия.

Основой изучения дисциплины являются лекции, на которых излагаются наиболее существенные и трудные вопросы, а также вопросы, не нашедшие отражения в учебной литературе.

Самостоятельные занятия направлены на приобретение практических навыков построения и анализа моделей оптимального управления. Занятия проводятся путем решения конкретных задач на индивидуальных компьютерах или в классе для самостоятельной работы.

Вид учебных занятий	Деятельность студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначение вопросов, терминов, материала, которые вызывают трудности, поиск ответов в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на лекции или на практическом занятии.
Самостоятельная работа	Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоению учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие: <ul style="list-style-type: none"><li>- работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций;</li><li>- выполнение домашних заданий и расчетов;</li><li>- работа над темами для самостоятельного изучения;</li><li>- участие в работе научных конференций, олимпиад;</li><li>- подготовка к промежуточной аттестации.</li></ul>
Подготовка к промежуточной аттестации	Готовиться к промежуточной аттестации следует систематически, в течение всего семестра. Интенсивная подготовка должна начаться не позднее, чем за месяц-полтора до промежуточной аттестации. Данные перед зачетом три дня эффективнее всего использовать для повторения и систематизации материала.