

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет  
им. Н.И. Лобачевского»**

Институт информационных технологий, математики и механики

---

УТВЕРЖДЕНО

решением Ученого совета ННГУ

протокол № 10 от 02.12.2024 г.

**Рабочая программа дисциплины**

Прикладная механика

---

Уровень высшего образования

Бакалавриат

---

Направление подготовки / специальность

15.03.03 - Прикладная механика

---

Направленность образовательной программы

Инженерное приложение суперкомпьютерного моделирования

---

Форма обучения

очная

---

г. Нижний Новгород

2025 год начала подготовки

## 1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.О.36 Прикладная механика относится к обязательной части образовательной программы.

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства	
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	Для текущего контроля успеваемости	Для промежуточной аттестации
ОПК-6: Способен решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий;	ОПК-6.1: Демонстрирует знание методов решения стандартных задач профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий ОПК-6.2: Умеет осуществлять решения стандартных задач профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий ОПК-6.3: Владеет методикой решения стандартных задач профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий	ОПК-6.1: Знает методы решения стандартных задач профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий  ОПК-6.2: Умеет осуществлять решения стандартных задач профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий.  ОПК-6.3: Владеет навыками решения стандартных задач профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий	Опрос	Зачёт: Контрольные вопросы Задачи

ОПК-7: Способен применять современные экологичные и безопасные методы рационального использования сырьевых и энергетических ресурсов в машиностроении;	<p>ОПК-7.1: Демонстрирует знание методов применения современных экологических и безопасных методов рационального использования сырьевых и энергетических ресурсов в машиностроении</p> <p>ОПК-7.2: Демонстрирует умение применять современные экологичные и безопасные методы рационального использования сырьевых и энергетических ресурсов в машиностроении</p> <p>ОПК-7.3: Владеет методикой применения современных экологических и безопасных методов рационального использования сырьевых и энергетических ресурсов в машиностроении</p>	<p>ОПК-7.1: Знает методы применения современных экологических и безопасных методов рационального использования сырьевых и энергетических ресурсов в машиностроении.</p> <p>ОПК-7.2: Умеет применять современные экологичные и безопасные методы рационального использования сырьевых и энергетических ресурсов в машиностроении</p> <p>ОПК-7.3: Владеет навыками применения современных экологических и безопасных методов рационального использования сырьевых и энергетических ресурсов в машиностроении</p>	Опрос	<p>Зачёт:</p> <p>Контрольные вопросы</p> <p>Задачи</p>
ОПК-8: Способен проводить анализ затрат на обеспечение деятельности производственных подразделений в машиностроении;	<p>ОПК-8.1: Демонстрирует знание методов анализа затрат на обеспечение деятельности производственных подразделений в машиностроении</p> <p>ОПК-8.2: Демонстрирует умение осуществлять анализ затрат на обеспечение деятельности производственных подразделений в машиностроении</p> <p>ОПК-8.3: Владеет методикой анализа затрат на обеспечение деятельности производственных подразделений в машиностроении</p>	<p>ОПК-8.1: Знает методы анализа затрат на обеспечение деятельности производственных подразделений в машиностроении</p> <p>ОПК-8.2: Умеет осуществлять анализ затрат на обеспечение деятельности производственных подразделений в машиностроении</p> <p>ОПК-8.3: Владеет навыками анализа затрат на обеспечение деятельности производственных подразделений в машиностроении</p>	Опрос	<p>Зачёт:</p> <p>Контрольные вопросы</p> <p>Задачи</p>

### 3. Структура и содержание дисциплины

#### 3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
Общая трудоемкость, з.е.	2
Часов по учебному плану	72
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	16
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	16
- КСР	1
самостоятельная работа	39
Промежуточная аттестация	0 Зачёт

#### 3.2. Содержание дисциплины

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

Наименование разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	в том числе			
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них			Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа (практические занятия/ лабора торные работы), часы	Всего	
	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
Основные свойства нелинейных систем.	23	6	6	12	11
Удар	15	3	3	6	9
Динамика системы тел переменного состава	13	2	2	4	9
Структура математической модели и устойчивость движения. Теоремы Лагранжа, Томсона и Тета, Ирншоу.	20	5	5	10	10
Аттестация	0				
КСР	1			1	
Итого	72	16	16	33	39

#### Содержание разделов и тем дисциплины

1. Основные свойства нелинейных систем. Зависимость периода свободных колебаний маятника от амплитуды. Ангармонические колебания. Метод Крылова–Боголюбова. Слабо-нелинейные собственные колебания. Асимптотические методы разделения движений. Метод Ван-дер-Поля. Вынужденные колебания нелинейной системы на примере уравнения Дуффинга. Автоколебания. Фрикционные автоколебания. Разрывные колебания тормозной колодки.

2. Удар. Ударный импульс. Общие теоремы теории удара: об изменении количества движения при ударе; об изменении момента количества движения при ударе; общее уравнение динамики системы материальных точек при ударе. Удар материальной точки о препятствие. Прямой удар, гипотеза Ньютона. Косой удар, гипотезы приращения скорости в касательном направлении. Столкновение двух материальных точек. Удар шаров. Удар твердых тел. Действие удара на твердое тело, имеющее неподвижную ось вращения. Центр удара.

3. Системы переменного состава. Реактивная сила. Уравнение Мещерского. Задачи Циолковского.

4. Структура математической модели и устойчивость движения. Теоремы Лагранжа, Томсона и Тета, Ирншоу. Динамика волчка Лагранжа, гибкого вала. Левитации тел в силовых полях. Устойчивость параллельных течений жидкости (возбуждение ветровых волн), тело, левитирующее в электрическом поле. Двойной маятник. О стабилизации и дестабилизации трением. «Классический» флаттер. О влиянии диссипации на устойчивость ограниченных систем.

#### **4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся**

Самостоятельная работа обучающихся включает в себя подготовку к контрольным вопросам и заданиям для текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведенным в п. 5.

В рамках дисциплины предусмотрены следующие виды самостоятельной работы (порядок их выполнения, форма контроля):

- повторение материала, пройденного на занятиях лекционного типа (в течение всего семестра, опрос на занятиях лекционного и семинарского типа),
- самостоятельное изучение отдельных вопросов программы (1 раз в семестр, опрос на занятиях семинарского типа),
- подготовка к занятиям семинарского типа, решение задач по списку, представленному преподавателем (в течение всего семестра, опрос на занятиях семинарского типа),
- подготовка к промежуточной аттестации.

#### **5. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)**

**5.1 Типовые задания, необходимые для оценки результатов обучения при проведении текущего контроля успеваемости с указанием критериев их оценивания:**

##### **5.1.1 Типовые задания (оценочное средство - Опрос) для оценки сформированности компетенции ОПК-6:**

1. Прямое центральное соударение двух тел.
2. Действие удара на твердое тело, имеющее неподвижную ось.
3. Классификация сил по их математической структуре. Влияние диссипативных и гироскопических сил на устойчивость потенциальной системы.
4. Теоремы Томсона и Тета, теорема Ирншоу. Примеры исследования устойчивости: волчок, несущее заряд тело, вращающееся в электростатическом поле.
5. Влияние внешнего и внутреннего трения на устойчивость вращающегося вала.

##### **5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Опрос) для оценки сформированности компетенции ОПК-7:**

1. Основные свойства нелинейных систем. Линейные и нелинейные системы. В чем их отличие? Какие колебания могут наблюдаться в линейных, а какие в нелинейных системах?
2. Ангармонические колебания.
3. Асимптотические методы разделения движений. Метод Ван-дер-Поля.

### 5.1.3 Типовые задания (оценочное средство - Опрос) для оценки сформированности компетенции ОПК-8:

1. Действие возмущающей силы на нелинейную упругую систему. Влияние вязкого сопротивления.
2. Автоколебания. Фрикционные автоколебания. Разрывные колебания тормозной колодки.
3. Общие теоремы теории удара.
4. Удар материальной точки о препятствие. Прямой и косой удары.

### Критерии оценивания (оценочное средство - Опрос)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок
не зачтено	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки.

### 5.2. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине при промежуточной аттестации

#### Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	не зачтено			зачтено			
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Ошибок нет.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки	Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельным	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном

			все задания, но не в полном объеме	Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	в полном объеме, но некоторые с недочетами	и несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие базовых навыков. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторым и недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторым и недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

### Шкала оценивания при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне выше предусмотренного программой
	отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».
	очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»
	хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо».
	удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
не зачтено	неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно».
	плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

### 5.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения на промежуточной аттестации с указанием критериев их оценивания:

#### 5.3.1 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ОПК-6

1. Основные свойства нелинейных систем. Зависимость периода свободных колебаний маятника от амплитуды. Ангармонические колебания.

2. Метод Крылова–Боголюбова. Слабо-нелинейные собственные колебания.
3. Асимптотические методы разделения движений. Метод Ван-дер-Поля.
4. Вынужденные колебания нелинейной системы на примере уравнения Дуффинга.
5. Автоколебания. Фрикционные автоколебания. Разрывные колебания тормозной колодки.

### 5.3.2 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ОПК-7

1. Удар. Ударный импульс. Общие теоремы теории удара: об изменении количества движения при ударе; об изменении момента количества движения при ударе; общее уравнение динамики системы материальных точек при ударе.
2. Удар материальной точки о препятствие. Прямой удар, гипотеза Ньютона.
3. Косой удар, гипотезы приращения скорости в касательном направлении. Столкновение двух материальных точек. Удар шаров.
4. Удар твердых тел. Действие удара на твердое тело, имеющее неподвижную ось вращения. Центр удара.
5. Системы переменного состава. Реактивная сила. Уравнение Мещерского. Задачи Циолковского.
6. Уравнения движения твердого тела с одной неподвижной точкой: динамические уравнения Эйлера, кинематические уравнения.
7. Приближенная теория гироскопов.

### 5.3.3 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ОПК-8

1. Структура математической модели и устойчивость движения. Теоремы Лагранжа, Томсона и Тета, Ирншоу.
2. Динамика волчка Лагранжа, гибкого вала. Влияние внешнего и внутреннего трения на устойчивость вращающегося вала.
3. Левитации тел в силовых полях.
4. Устойчивость параллельных течений жидкости (возбуждение ветровых волн), тело, левитирующее в электрическом поле.
5. Двойной маятник.
6. О стабилизации и дестабилизации трением.
7. «Классический» флаттер.
8. О влиянии диссипации на устойчивость ограниченных систем.

### Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок
не зачтено	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки.

### 5.3.4 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции ОПК-6



**Задача 1.** Два тела с массами  $m_1$  и  $m_2$  и коэффициентом восстановления  $k$  движутся поступательно по одному и тому же направлению. Каковы должны быть их скорости  $v_1$  и  $v_2$ , чтобы после удара догоняющее тело  $m_1$  остановилось, а тело  $m_2$  получило бы заданную скорость  $u_2$ ?

**Задача 2.** Ракета начальной массы  $m_0$  поднимается вертикально вверх в однородном поле силы тяжести с постоянным ускорением  $ng$  ( $g$  - ускорение земного тяготения). Пренебрегая сопротивлением атмосферы и считая эффективную скорость  $v_e$  истечения газов постоянной, определить закон изменения массы ракеты.

### 5.3.5 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции ОПК-7

**Задача 1.** Волчок, имея форму диска диаметра 30 см, вращается с угловой скоростью 80 рад/с вокруг своей оси симметрии. Диск насажен на ось длины 20 см, расположенную вдоль оси симметрии волчка. Определить угловую скорость регулярной прецессии волчка, полагая, что его главный момент количества движения равен  $J\omega$ .

### 5.3.6 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции ОПК-8

**Задача 1.** Провести анализ структуры сил, действующих на систему. Найти кинетическую энергию, потенциальную энергию, диссипативную функцию Релея. Исследовать устойчивость состояния равновесия.

$$\begin{cases} \ddot{x}_1 - \ddot{x}_2 + \dot{x}_1 - \dot{x}_2 + 4x_1 - 4x_2 = 0, \\ 2\ddot{x}_1 + \ddot{x}_2 + 5\dot{x}_1 + 4\dot{x}_2 + 5x_1 + x_2 = 0. \end{cases}$$

### Критерии оценивания (оценочное средство - Задачи)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Ответ полный и правильный на основании изученной теории; теоретический материал и решение поставленных задач изложены в необходимой логической последовательности, грамотный научный язык; ответ самостоятельный. Могут быть допущены две-три не существенные ошибки, исправленные по требованию преподавателя.
не зачтено	Ответ обнаруживает непонимание студентом основного содержания учебного материала или допущены существенные ошибки, которые не могут быть исправлены при наводящих вопросах преподавателя.

## 6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

Основная литература:

1. Бугаенко Григорий Алексеевич. Механика : Учебник для вузов / Бугаенко Г. А., Маланин В. В., Яковлев В. И. - 2-е изд. - Москва : Юрайт, 2016. - 368 с. - (Высшее образование). - ISBN 978-5-

9916-8171-1 : 869.00. - Текст : электронный // ЭБС "Юрайт"., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=590741&idb=0>.

2. Бухгольц Н. Н. Основной курс теоретической механики : [в 2 ч. : для гос. ун-тов]. Ч. 1. Кинематика, статика, динамика материальной точки / в перераб. и с доп. С. М. Тарга. - Изд. 7-е, стер. - М. : Наука, 1967. - 467 с. : черт. - 814.00., 23 экз.
3. Бухгольц Н. Н. Основной курс теоретической механики : [для гос. ун-тов]. Ч. 2. Динамика системы материальных точек / в перераб. и с доп. С. М. Тарга. - Изд. 6-е, стер. - М. : Наука, 1972. - 332 с. : черт. - 2.59., 12 экз.
4. Мещерский И. В. Задачи по теоретической механике : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по направлениям подготовки и специальностям в обл. техники и технологий по дисциплине "Теорет. механика" / под ред. В. А. Пальмова, Д. Р. Меркина. - Изд. 51-е, стер. - СПб. ; М. ; Краснодар : Лань, 2012. - 448 с. : ил. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - ISBN 978-5-9511-0019-1 : 496.87., 20 экз.
5. Сборник задач по аналитической механике : [для вузов] . - М. : Наука, 1980. - 320 с. : ил. - 1.10., 355 экз.
6. Культина Н. Ю. Как решать задачи по теоретической механике : учебно-методическое пособие / Н. Ю. Культина, В. В. Новиков ; ННГУ им. Н. И. Лобачевского. - Нижний Новгород : Изд-во ННГУ, 2010. - 60 с. - Текст : электронный., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=849934&idb=0>.

Дополнительная литература:

1. Культина Н. Ю. Как решать задачи по теоретической механике : учебно-методическое пособие / Культина Н. Ю., Новиков В. В. - Нижний Новгород : ННГУ им. Н. И. Лобачевского, 2010. - 60 с. - Рекомендовано методической комиссией механико-математического факультета для студентов ННГУ, обучающихся по направлениям подготовки: 010100 «Математика», 010300 «Математика. Компьютерные науки», 010500 «Прикладная математика и информатика», 010900 «Механика и математическое моделирование». - Библиогр.: доступна в карточке книги, на сайте ЭБС Лань. - Книга из коллекции ННГУ им. Н. И. Лобачевского - Физика., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=729907&idb=0>.

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины):

<http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/mechanics/theoretical.htm>

## **7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)**

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки/специальности 15.03.03 - Прикладная механика.

Автор(ы): Новиков Валерий Вячеславович, доктор физико-математических наук, доцент  
Февральских Любовь Николаевна, кандидат физико-математических наук.

Заведующий кафедрой: Игумнов Леонид Александрович, доктор физико-математических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 02.12.2024, протокол № 5.