

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 президиума Ученого совета ННГУ

протокол № 1 от 16.01.2024 г.

**Рабочая программа дисциплины**

Прикладная механика

---

Уровень высшего образования

Бакалавриат

---

Направление подготовки / специальность

01.03.03 - Механика и математическое моделирование

---

Направленность образовательной программы

Математическое моделирование и компьютерный инжиниринг

---

Форма обучения

очная

---

г. Нижний Новгород

2024 год начала подготовки

## 1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.О.37 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-2: Способен применять методы математического и алгоритмического моделирования, современный математический аппарат в научно-исследовательской и опытно-конструкторской деятельности	ОПК-2.1: Знает основные положения, терминологию и методологию в области математического и алгоритмического моделирования. ОПК-2.2: Умеет осуществлять анализ и выбор методов решения задач профессиональной деятельности на основе теоретических знаний в области математических и компьютерных наук. ОПК-2.3: Владеет навыками применения базовых знаний в области математического и алгоритмического моделирования, при решении задач профессиональной деятельности.	ОПК-2.1: Знает основы теоретической и прикладной механики способен применять в научно-исследовательской и опытно-конструкторской деятельности.  ОПК-2.2: Умеет осуществлять анализ и выбор методов решения задач на основе теоретических знаний в области математических и компьютерных наук. с применением фундаментальных знаний механики и математики.  ОПК-2.3: Владеет навыками применения базовых знаний в области математического и алгоритмического моделирования при решении задач фундаментальных разделов механики.	Собеседование	Зачёт: Задания
ОПК-5: Способен использовать в педагогической деятельности научные основы знаний в сфере математики и механики	ОПК-5.1: Знает основы преподавания физико-математических дисциплин и информатики в средней школе и специальных учебных заведениях. ОПК-5.2: Умеет	ОПК-5.1: Знает основы преподавания физико-математических дисциплин в школе средней школе и специальных учебных заведениях.	Собеседование	Зачёт: Контрольные вопросы

	использовать полученные фундаментальные и специальные знания в области физико-математических наук в преподавательской деятельности. ОПК-5.3: Владеет навыками планирования и подготовки учебных занятий, а также представления научных знаний.	ОПК-5.2: Умеет использовать полученные знания в преподавательской деятельности в сфере и механики.  ОПК-5.3: Владеет навыками планирования и подготовки учебных занятий.		
--	---	--	--	--

### 3. Структура и содержание дисциплины

#### 3.1 Трудоемкость дисциплины

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

#### 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/лабораторные работы), часы	Всего	
	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0
Основные свойства нелинейных систем	23	6	6	12	11
Теория удара	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 промежуточному контролю успеваемости (зачет).

Дополнительная литература:

1. Журавлев В.Ф. Основы классической механики. М. Физматлит, 2001. 320 с.

2. Бугаенко Г.А., Маланин В.В., Яковлев В.И. Основы классической механики. М. Высшая школа, 1999. 306 с.

## **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 - Собеседование) для оценки сформированности компетенции ОПК-2:**

1. Опишите основные особенности свободных колебаний нелинейной системы
2. Методы анализа нелинейных колебательных систем.
3. Опишите ангармонические колебания.
4. Опишите особенности вынужденных колебаний нелинейной системы.
5. Приведите примеры автоколебательных систем.
6. Объясните возникновение колебаний скрипичной струны под действием движущегося с постоянной скоростью смычка.
7. В каких задачах допустима идеализация при помощи удара.
8. Удар материальной точки о препятствие: физический смысл гипотез, положенных в основу описания.
9. Действие удара на тело, имеющее неподвижную ось: опишите условия отсутствия ударных реакций.
10. Запишите уравнения движения системы (волчок Лагранжа, гибкий вал, точечный заряд, левитирующий в электростатическом поле двух других неподвижных зарядов), классифицируйте силы и проведите исследование устойчивости с помощью общих теорем по структуре сил.

#### **5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Собеседование) для оценки сформированности компетенции ОПК-5:**

1. Опишите основные особенности свободных колебаний нелинейной системы
2. Методы анализа нелинейных колебательных систем.
3. Опишите ангармонические колебания.
4. Опишите особенности вынужденных колебаний нелинейной системы.
5. Приведите примеры автоколебательных систем.
6. Объясните возникновение колебаний скрипичной струны под действием движущегося с постоянной скоростью смычка.
7. В каких задачах допустима идеализация при помощи удара.
8. Удар материальной точки о препятствие: физический смысл гипотез, положенных в основу описания.
9. Действие удара на тело, имеющее неподвижную ось: опишите условия отсутствия ударных реакций.
10. Запишите уравнения движения системы (волчок Лагранжа, гибкий вал, точечный заряд, левитирующий в электростатическом поле двух других неподвижных зарядов), классифицируйте силы и проведите исследование устойчивости с помощью общих теорем по структуре сил.

### **Критерии оценивания (оценочное средство - Собеседование)**

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Ответ полный и правильный на основании изученной теории; теоретический материал и

Оценка	Критерии оценивания
	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.

## 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 не существенных 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	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельными и не существенными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие базовых навыков.	При решении стандартных задач не	Имеется минимальный набор	Продemonстрированы базовые	Продemonстрированы базовые	Продemonстрированы навыки	Продemonстрирован творческий

	Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки	навыков для решения стандартных задач с некоторым и недочетами	навыки при решении стандартных задач с некоторым и недочетами	навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов	при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	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 - Задания) для оценки сформированности компетенции ОПК-2

Два одинаковых упругих шара А и В движутся навстречу один другому. При каком соотношении между скоростями до удара шар А после удара остановится?

Определить положение центра удара прямоугольной мишени для стрельбы. Высота мишени  $h$ .

Однородная прямая призма с квадратным основанием стоит на горизонтальной плоскости и может вращаться вокруг ребра АВ, лежащего в этой плоскости. Ребро основания призмы равно  $a$ , высота  $3a$ , масса  $3m$ . В середину боковой грани, противоположной ребру АВ, ударяет шар массы  $m$  с горизонтальной скоростью  $v$ . Полагая, что удар неупругий и что масса шара сосредоточена в его центре, определить наименьшую величину скорости, при которой призма опрокинется.

Капля движется в однородном поле тяжести в среде. Вследствие конденсации происходит увеличение массы капли по закону  $\dot{m} = \alpha S$ , где  $S$  - площадь поверхности. Найти скорость капли.

Несколько звеньев однородной цепи свешиваются с края стола. Остальная часть цепи сложена в кучу на краю стола. В начальный момент скорость цепи равна нулю. Найти ускорение цепи.

Ведро массы  $m$  тянут из колодца на веревке с постоянной силой  $F$ . Вода вытекает из ведра с постоянной скоростью. В течение интервала времени  $T$  вся вода вытекает. Найти скорость ведра в момент времени  $T$ .

#### Критерии оценивания (оценочное средство - Задания)

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 несущественные 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.

#### 5.3.2 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ОПК-5

1. Опишите основные особенности свободных колебаний нелинейной системы
2. Методы анализа нелинейных колебательных систем.
3. Опишите ангармонические колебания.
4. Опишите особенности вынужденных колебаний нелинейной системы.
5. Приведите примеры автоколебательных систем.
6. Объясните возникновение колебаний скрипичной струны под действием движущегося с постоянной скоростью смычка.
7. В каких задачах допустима идеализация при помощи удара.
8. Удар материальной точки о препятствие: физический смысл гипотез, положенных в основу описания.
9. Действие удара на тело, имеющее неподвижную ось: опишите условия отсутствия ударных реакций.
10. Запишите уравнения движения системы (волчок Лагранжа, гибкий вал, точечный заряд, левитирующий в электростатическом поле двух других неподвижных зарядов), классифицируйте силы и проведите исследование устойчивости с помощью общих теорем по структуре сил.

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

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



Оценка	Критерии оценивания
	несущественные 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. Мещерский Иван Всеволодович. Задачи по теоретической механике : учеб. пособие для вузов / под ред. В. А. Пальмова, Д. Р. Меркина. - 37-е изд., испр. - СПб. : Лань, 1998. - 448 с. - ISBN 5-8114-0031-4 : 35.00., 1 экз.
2. Сборник задач по аналитической механике : [для вузов] . - М. : Наука, 1980. - 320 с. : ил. - 1.10., 355 экз.
3. Бухгольц Н. Н. Основной курс теоретической механики : [для гос. ун-тов : в 2 ч.]. Ч. 1. Кинематика, статика, динамика материальной точки / в перераб. и с доп. С. М. Тарга. - Изд. 8-е, стер. - М. : Наука, 1969. - 467 с. : черт. - 0.87., 27 экз.
4. Бухгольц Н. Н. Основной курс теоретической механики : [в 2 ч. : для гос. ун-тов]. Ч. 2. Динамика системы материальных точек / в перераб. и с доп. С. М. Тарга. - Изд. 5-е, стер. - М. : Наука, 1969. - 332 с. : черт. - 0.66., 65 экз.
5. 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>.

Дополнительная литература:

1. Лойцянский Л. Г. Курс теоретической механики : [для вузов]. Т. 1. Статика и кинематика. - Изд. 6-е. - М. : Гостехиздат, 1955. - 380 с. : черт. - 8.50., 1 экз.
2. Лойцянский Л. Г. Курс теоретической механики : [для вузов]. Т. 2. Динамика. - Изд. 5-е, перераб. - М. : Гостехиздат, 1954. - 596 с. : черт. - 1.27., 1 экз.
3. Меркин Давид Рахмильевич. Введение в теорию устойчивости движения : [учеб. пособие для вузов]. - М. : Наука, 1971. - 312 с. : ил. - 0.76., 3 экз.
4. Журавлев Виктор Филиппович. Прикладные методы в теории колебаний / отв. ред. А. Ю. Ишлинский ; АН СССР, Ин-т проблем механики. - М. : Наука, 1988. - 325 с. : ил. - 2.90., 1 экз.

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

1. <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, компьютерами, специализированным оборудованием: Мультимедийная техника (компьютер, проектор, экран).

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 ОС ННГУ по направлению подготовки 01.03.03 - Механика и математическое моделирование.

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

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 13.12.2023, протокол № 3.