

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

Специалитет

Направление подготовки / специальность

01.05.01 - Фундаментальные математика и механика

Направленность образовательной программы

Фундаментальная механика и приложения

Форма обучения

очная

г. Нижний Новгород

2025 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.ДВ.04.01 Прикладная механика относится к части, формируемой участниками образовательных отношений 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
ПК-12: Владение навыками применения математически сложных алгоритмов в современных специализированных программных комплексах, реализации в них собственных методов, моделей и алгоритмов	ПК-12.1: Знает теоретические основы фундаментальных компьютерных наук ПК-12.2: Умеет ориентироваться в современных алгоритмах компьютерной математики ПК-12.3: Имеет практический опыт использования математически сложных алгоритмов в современных программных комплексах, включая реализацию в них собственных методов и моделей	ПК-12.1: Знать теоретических основ фундаментальных компьютерных наук ПК-12.2: Умения ориентироваться в современных алгоритмах компьютерной математики ПК-12.3: Владеть практическим опытом проводить расчётно-экспериментальные исследования, выбирать и применять современные программные комплексы, получать, обрабатывать и анализировать результаты исследований при решения задач прикладной механики	Собеседование	Экзамен: Контрольные вопросы Задачи
ПК-6: Владение навыками самостоятельного анализа поставленной задачи, выбора корректного метода ее решения, построения алгоритма и его реализации	ПК-6.1: Умеет самостоятельно анализировать задачу, выбирать методы решения, создавать алгоритм решения и реализовывать его ПК-6.2: Владеет навыками решения практических задач, анализа результатов решения	ПК-6.1: Уметь применять полученные знания для анализа объекта исследования, определения целей и задач исследования, создавать алгоритм решения и реализовывать его в области прикладной механики ПК-6.2: Владеть навыками решения практических задач, анализа результатов решения задач	Собеседование	Экзамен: Контрольные вопросы Задачи

		прикладной механики		
--	--	---------------------	--	--

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
Общая трудоемкость, з.е.	4
Часов по учебному плану	144
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	16
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	32
- КСР	2
самостоятельная работа	58
Промежуточная аттестация	36 Экзамен

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 0	0 0	0 0	0 0	0 0
Теория колебаний. Основные свойства нелинейных систем	36	6	12	18	18
Теория удара	20	3	7	10	10
Динамика системы тел переменного состава	12	2	4	6	6
Структура математической модели и устойчивость движения. Теоремы Лагранжа, Томсона и Тэта, Ирншоу.	38	5	9	14	24
Аттестация	36				
КСР	2			2	
Итого	144	16	32	50	58

Содержание разделов и тем дисциплины

1. Колебания систем с n степенями свободы. 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 (экзамен).

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 ПК-12:

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.

5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Собеседование) для оценки сформированности компетенции ПК-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, вывешенное в электростатическом поле.
5. Влияние внешнего и внутреннего трения на устойчивость вращающегося вала.

Критерии оценивания (оценочное средство - Собеседование)

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

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	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	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несутестве	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Ошибок нет.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.

	ответа			ошибок	нных ошибок		
<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 все задания, но не в полном объеме	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном 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 некоторыми недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми 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 ПК-12

1. Вынужденные колебания системы с одной степенью свободы. Резонанс.
2. Вынужденные колебания систем с n степенями свободы. Антирезонанс.
3. Колебания систем с ограниченным возбуждением.
4. Нелинейные колебания. Собственные колебания. Метод Крылова-Боголюбова.
5. Вынужденные колебания. Асимптотические методы разделения движений. Метод усреднения.
6. Автоколебания. Метод Ван-дер-Поля.
7. Вынужденные колебания нелинейной системы на примере уравнения Дуффинга.
8. Автоколебания. Фрикционные автоколебания. Разрывные колебания тормозной колодки.
9. 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.
10. Удар материальной точки о препятствие. Прямой удар, гипотеза Ньютона.
11. Косой удар, гипотезы приращения скорости в касательном направлении. Столкновение двух материальных точек. Удар шаров.
12. Удар твердых тел. Действие удара на твердое тело, имеющее неподвижную ось вращения. Центр удара.
13. Системы переменного состава. Реактивная сила. Уравнение Мещерского. Задачи Циолковского.

5.3.2 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-6

1. Уравнения движения твердого тела с одной неподвижной точкой: динамические уравнения Эйлера, кинематические уравнения.
2. Приближенная теория гироскопов.
3. Структура математической модели и устойчивость движения. Теоремы Лагранжа, Томсона и Тета, Ирншоу.
4. Динамика волчка Лагранжа, гибкого вала. Влияние внешнего и внутреннего трения на устойчивость вращающегося вала.
5. Левитации тел в силовых полях.
6. Устойчивость параллельных течений жидкости (возбуждение ветровых волн), тело, левитирующее в электрическом поле.
7. Двойной маятник.
8. О стабилизации и дестабилизации трением.
9. «Классический» флаттер.
10. О влиянии диссипации на устойчивость ограниченных систем.

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки
отлично	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок

Оценка	Критерии оценивания
очень хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок
хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок
удовлетворительно	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок
неудовлетворительно	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки
плохо	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа

5.3.3 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции ПК-12

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.

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

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 $J\omega$.

Задача 2. 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
превосходно	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки
отлично	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок
очень хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок
хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок
удовлетворительно	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок
неудовлетворительно	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки
плохо	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа

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

Основная литература:

1. 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.
2. 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.
3. Мещерский Иван Всеволодович. Задачи по теоретической механике : учеб. пособие для вузов / под ред. В. А. Пальмова, Д. Р. Меркина. - 39-е изд., стер. - СПб. : Лань, 2002. - 448 с. - ISBN 5-9511-0019-4 : 108.00., 1 экз.
4. Сборник задач по аналитической механике : [для вузов] . - М. : Наука, 1980. - 320 с. : ил. - 1.10., 355 экз.
5. Меркин Давид Рахмильевич. Введение в теорию устойчивости движения : [учеб. пособие для втузов]. - 3-е изд., перераб. и доп. - М. : Наука, 1987. - 304 с. : ил. - 0.85., 2 экз.
6. Новиков Валерий Вячеславович. Динамика твердого тела : учебно-методическое пособие / В. В. Новиков, Н. Ю. Буланихина, Д. В. Капитанов ; ННГУ им. Н. И. Лобачевского. - Нижний Новгород : Изд-во ННГУ, 2014. - 44 с. - Текст : электронный., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=850532&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, компьютерами, специализированным оборудованием: 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/специальности 01.05.01 - Фундаментальные математика и 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.