

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

(факультет / институт / филиал)

УТВЕРЖДЕНО  
решением Ученого совета ННГУ  
от 30.11.2022 г. протокол № 13

## **Рабочая программа дисциплины (модуля)**

**Теоретическая механика. Дополнительные главы**

(наименование дисциплины (модуля))

Уровень высшего образования

**бакалавриат**

(бакалавриат / магистратура / специалитет)

Направление подготовки / специальность

**01.03.02 Прикладная математика и информатика**

(указывается код и наименование направления подготовки / специальности)

Направленность образовательной программы

**Математическое моделирование и вычислительная математика**

(указывается профиль / магистерская программа / специализация)

Квалификация (степень)

**бакалавр**

(бакалавр / магистр / специалист)

Форма обучения

**очная**

(очная / очно-заочная / заочная)

Нижний Новгород  
2023 г.

## 1. Место и цели дисциплины в структуре ООП

Дисциплина Б.1.В.ДВ.03.01 «Теоретическая механика 2» относится к дисциплинам по выбору части, формируемой участниками образовательных отношений

№ варианта	Место дисциплины в учебном плане образовательной программы	Стандартный текст для автоматического заполнения в конструкторе РПД
2	Блок 1. Дисциплины (модули) Часть, формируемая участниками образовательных отношений	Дисциплина Б.1.В.ДВ.03.01 «Теоретическая механика 2» относится к части ООП направления подготовки 01.03.02 Прикладная математика и информатика, формируемой участниками образовательных отношений.

## 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**	
ПК-4. Способен применять методы математического и компьютерного исследования при анализе задач на основе знаний фундаментальных математических и компьютерных наук	<b>ПК-4.1. Знает</b> фундаментальные и теоретические основы, необходимые для исследования научных проблем	<b>Знает</b> теоретические основы фундаментальных методов исследования научных проблем	<i>Собеседование</i>
	<b>ПК-4.2. Умеет самостоятельно</b> применять полученные знания для анализа объекта исследования, определять цели и задачи исследования, а также выбирать корректный метод исследования научной проблемы	<b>Умеет</b> самостоятельно применять полученные знания для анализа объекта исследования, определения целей и задач исследования, а также выбора корректного метода исследования научной проблемы.	<i>Контрольная работа</i>
	<b>ПК-4.3. Имеет практический опыт</b> научно-исследовательской деятельности, а именно решения научных задач в соответствии с поставленной целью и выбранной методикой	<b>Имеет практический опыт</b> научно-исследовательской деятельности, а именно решения научных задач в соответствии с поставленной целью и выбранной методикой	<i>Контрольная работа</i>

### 3. Структура и содержание дисциплины

#### 3.1. Трудоемкость дисциплины

	<b>очная форма обучения</b>
<b>Общая трудоемкость</b>	<b>5 з.е.</b>
<b>Часов по учебному плану</b>	<b>180</b>
<b>в том числе</b>	
<b>аудиторные занятия (контактная работа):</b>	<b>66</b>
- занятия лекционного типа	32
- занятия семинарского типа	32
- текущий контроль (КСР)	2
<b>самостоятельная работа</b>	<b>78</b>
<b>Промежуточная аттестация – экзамен</b>	<b>36</b>

#### 3.2. Содержание дисциплины

<b>Очная форма обучения</b>						
Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	в том числе				СР <sup>1</sup> , часы
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы				
		из них				
		ЗЛеТ <sup>2</sup>	ЗСеТ <sup>3</sup>	ЗЛаТ <sup>4</sup>	Всего	
Динамика несвободной системы. Дифференциальные принципы механики	18	6	6		12	6
Независимые координаты. Уравнения Лагранжа 2 рода.	18	4	6		10	8
Свободные и вынужденные колебания	34	6	8		14	20
Устойчивость движения	30	4	4		8	22
Механика Гамильтона	16	4	4		8	8
Уравнение Остроградского	12	2	2		4	8
Вариационные интегральные принципы. Теорема Нетер	14	6	2		8	6
Текущий контроль (КСР)	2				2	
<b>Итого</b>	<b>144</b>	<b>144</b>	<b>32</b>		<b>66</b>	<b>78</b>
<sup>1</sup> Самостоятельная работа обучающегося. <sup>2</sup> Занятия лекционного типа. <sup>3</sup> Занятия семинарского типа. <sup>4</sup> Занятия лабораторного типа.						

#### *Краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля)*

1. Связи: удерживающие-неудерживающие, голономные, неголономные, стационарные, нестационарные. Реакции связей. Основная задача механики несвободной системы n точек. Действительные, возможные, виртуальные перемещения. Идеальные связи.
2. Дифференциальные принципы. Общее уравнение динамики, Принцип виртуальных перемещений. Принцип Даламбера.
3. Независимые координаты. Обобщенные силы. Уравнения Лагранжа в независимых координатах. Структура кинетической энергии и функции Лагранжа в обобщенных координатах. Обобщенный интеграл энергии. Циклические интегралы.
4. Колебания. Свободные колебания. Гармонический осциллятор. Линейный осциллятор. Фазовый портрет осциллятора. Разбиение плоскости параметров линейной системы на области с различным типом состояний равновесия.

Вынужденные колебания системы с одной степенью свободы. Резонанс.

Раскачка осциллятора из состояния покоя (незатухающий осциллятор, затухающий осциллятор).

5. Колебания систем с  $n$  степенями свободы. Уравнение частот. Амплитудные векторы. Главные колебания. Нормальные координаты

Вынужденные колебания систем с  $n$  степенями свободы. Гармонические коэффициенты влияния. Резонанс. Антирезонанс

6. Устойчивость движения. Невозмущенное движение, возмущенное движение. Устойчивость по Ляпунову, асимптотическая устойчивость. Уравнения возмущенного движения. Уравнения первого приближения Устойчивость по первому приближению. Характеристические показатели. Характеристический определитель. Теорема Ляпунова об устойчивости по первому приближению. Теорема Ляпунова о неустойчивости по первому приближению. Устойчивость положения равновесия консервативной системы (теорема Лагранжа).

7. Механика Гамильтона. Переменные Лагранжа, канонические переменные. Канонические уравнения Гамильтона. Свойства функции Гамильтона. Первый интеграл канонической системы. Скобки Пуассона. Теорема Пуассона. Фазовое пространство, пространство конфигураций, пространство состояний. Ансамбль Гиббса. Закон сохранения фазового объема (теорема Лиувилля).

8. Решение задачи о движении механической системы методом Остроградского. Уравнение Остроградского -Гамильтона. Теорема Остроградского. Уравнение Остроградского-Гамильтона в отсутствие явной зависимости функции Гамильтона от времени. Метод разделения переменных

9. Вариационные интегральные принципы. Первая вариация функционала. Действие по Гамильтону. Принцип Гамильтона. Действие по Лагранжу. Принцип наименьшего действия Эйлера-Лагранжа. Принцип Лагранжа в форме Якоби (принцип Мопертюи).

10. Теорема Нетер. Принцип относительности Галилея и законы сохранения количества движения, момента количества движения, механической энергии замкнутой системы. Обобщенные законы сохранения в аналитической механике.

Практические занятия (семинарские занятия) организуются, в том числе в форме практической подготовки, которая предусматривает участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

На проведение практических занятий (семинарских занятий) в форме практической подготовки отводится 32 часа.

Практическая подготовка направлена на формирование и развитие:

- практических навыков в соответствии с профилем ОП: применения полученных знаний для анализа объекта механического движения.
- компетенций – ПК-4.

Текущий контроль успеваемости реализуется в рамках занятий семинарского типа, индивидуальных консультаций.

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

В соответствии с рабочей программой и тематическим планом изучение дисциплины проходит в виде аудиторной и самостоятельной работы студентов.

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 (в течение всего семестра, опрос на занятиях семинарского типа),
- подготовка к промежуточной аттестации (экзамен).

## 5. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

Фонд оценочных средств включает: контрольные материалы для проведения текущего контроля в форме *задач (практических заданий), контрольных работ* и контрольные материалы для проведения промежуточной аттестации в форме вопросов и заданий к *зачёту*.

### 5.1. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине

Шкала оценивания сформированности компетенций	Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)			
	<u>Знания</u>	<u>Умения</u>	<u>Навыки</u>	
<b>плохо</b>	не зачтено	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	Отсутствие владения материалом. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа
<b>неудовлетворительно</b>		Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки.	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки.	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки.
<b>удовлетворительно</b>	зачтено	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок.	Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме.	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами
<b>хорошо</b>		Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами.
<b>очень хорошо</b>		Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.
<b>отлично</b>		Уровень знаний в объеме,	Продемонстрированы все основные умения,	Продемонстрированы навыки при решении

Шкала оценивания сформированности компетенций	Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)		
	Знания	Умения	Навыки
	соответствующем программе подготовки, без ошибок.	решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме.	нестандартных задач без ошибок и недочетов.
превосходно	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов	Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

### Шкала оценки при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно»
	отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «отлично»
	очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «очень хорошо»
	хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «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», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо»
	плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

## 5.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения

### 5.2.1. Контрольные вопросы

1. Динамика несвободной системы. Классификация связей. Основная задача механики несвободной системы $n$ точек.
2. Действительные, возможные, виртуальные перемещения. Идеальные связи.
3. Понятие о вариационных принципах механики. Общее уравнение динамики, Принцип виртуальных перемещений.
4. Независимые координаты. Обобщенные силы.

Положение равновесия голономной системы. Равновесие при потенциальных силах.
5. Уравнения Лагранжа 2 рода.
6. Структура кинетической энергии и функции Лагранжа в обобщенных координатах.
7. Обобщенный интеграл энергии (интеграл Пенлеве-Якоби). Циклические интегралы.
8. Консервативная система. Устойчивость положения равновесия консервативной системы (теорема Лагранжа).
9. Колебания. Свободные колебания. Гармонический осциллятор. Линейный осциллятор.
10. Колебания систем с $n$ степенями свободы. Уравнение частот. Амплитудные векторы. Главные колебания.
11. Устойчивость движения. Невозмущенное движение, возмущенное движение. Устойчивость по Ляпунову, асимптотическая устойчивость. Уравнения возмущенного движения. Уравнения первого приближения.
12. Устойчивость по первому приближению. Теорема Ляпунова об устойчивости по первому приближению. Теорема Ляпунова о неустойчивости по первому приближению.
13. Переменные Лагранжа, канонические переменные. Канонические уравнения Гамильтона. Свойства функции Гамильтона.
14. Фазовое пространство, пространство конфигураций, пространство состояний. Теорема Лиувилля.
15. Первый интеграл канонической системы. Скобки Пуассона. Теорема Пуассона.
16. Решение задачи о движении механической системы методом Остроградского. Уравнение Остроградского. Теорема Остроградского.
17. Интегральные вариационные принципы. Первая вариация функционала. Изохронные, неизохронные вариации.
18. Действие по Гамильтону. Действительная и окольные траектории. Принцип Гамильтона.
19. Действие по Лагранжу. Принцип наименьшего действия Лагранжа. Принцип Лагранжа в форме Якоби (принцип Мопертюи).
20. Теорема Нетер. Принцип относительности Галилея и законы сохранения количества движения, момента количества движения, механической энергии замкнутой системы. Обобщенные законы сохранения в аналитической механике.

**5.2.2 .** В рамках дисциплины предусмотрены следующие виды самостоятельной работы

1. повторение пройденного на занятиях материала,
2. самостоятельное изучение отдельных вопросов программы,
3. подготовка к практическим занятиям,

**5.2.2. Типовые задания/задачи для оценки сформированности компетенции ПК-4**

1. Через блок, вращающийся вокруг горизонтальной оси  $O$ , перекинута нерастяжимая веревка, к одному концу которой подвешен груз  $m$ . Другой конец прикреплен к вертикальной пружине. Коэффициент жесткости  $k$ . Определить период колебаний. Масса блока  $M$ , радиус  $R$ . Вербка не скользит по блоку.

2. Гладкая проволочная окружность радиуса  $R$  вращается вокруг вертикального диаметра с постоянной угловой скоростью  $\omega$ . На окружность насажено колечко массы  $m$ , соединенное с точкой  $O$  окружности пружиной жесткости  $k$ , дли на которой в недеформированном состоянии  $R\varphi_0$ . Составить уравнение относительного движения колечка в форме Лагранжа. Составить канонические уравнения

3. Материальная точка массы  $m$  движется по окружности под действием центральной силы  $P = -a/r^3$ , где  $a$  - положительная постоянная,  $r$  - расстояние от притягивающего центра. Момент количества движения точки равен  $K$ . Исследовать устойчивость этого движения

4. Волчок, который представляет собой диск радиуса  $r$ , насаженный в центре под прямым углом на невесомый стержень длины  $l$ , закрутили с большой скоростью, после чего он начал прецессировать вокруг вертикали с углом нутации  $\theta$  и угловой скоростью прецессии  $\omega_2$ . Найти угловую скорость собственного вращения волчка  $\omega_1$ .

## 6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1. Бухгольц Н.Н. Основы курс теоретической механики. Т.1,2 (30 экз.)
2. Мещерский И.В. Задачи по теоретической механике. С-Петербург. Изд-во «Лань», 1998. 448 с. (20 экз.)
3. Пятницкий Е.С., Трухан Н.М., Ханукаев Ю.И., Яковенко Е.Н. Сборник задач по аналитической механике. М. Наука, 1980. 320 с. (354 экз.)

б) дополнительная литература:

1. Кульпина Н.Ю., Новиков В.В. Как решать задачи по теоретической механике. Н. Новгород. ННГУ, 2010. 34 с. (20 экз. на кафедре ТКиЭМ)
2. Меркин Д.Р. Введение в теорию устойчивости движения. М. Наука. 1971, 312 стр. (8 экз.)

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

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

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

Помещения представляют собой учебные аудитории для проведения учебных занятий лекционного и семинарского типа, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения: 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 ННГУ.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ННГУ 01.03.02 Прикладная математика и информатика.

Автор д.ф.-м.н., профессор Новиков В.В.

Заведующий кафедрой  
теоретической, компьютерной  
и экспериментальной  
механики д.ф.-м.н., профессор Игумнов Л.А.

Программа одобрена на заседании методической комиссии института информационных технологий, математики и механики

от 30.11.2022 года, протокол № 3