

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Тульский государственный университет»

Политехнический институт
Кафедра «Механика и процессы пластического формоизменения»

Утверждено на заседании кафедры МиППФ

от «17» сентября 2024 г., протокол № 1

Зав. кафедрой МиППФ

_____ С.Н. Ларин

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
«Теоретическая механика»**

**основной профессиональной образовательной программы
высшего образования – программы бакалавриата**

по направлению подготовки
27.03.04 «Управление в технических системах»

с направленностью (профилем)
«Цифровые технологии в системах обеспечения качества»

Форма обучения: *очная*

Идентификационный номер образовательной программы: 270304-01-24

Тула 2024 год

Разработчик(и):

Бертяев Виталий Дмитриевич, проф., к.т.н., проф. ТулГУ
(ФИО, должность, ученая степень, ученое звание)



(Подпись)

1. Цель и задачи освоения дисциплины (модуля)

Целью освоения дисциплины (модуля) **являются** изучение фундаментальных понятий механики и их приложения к современным задачам.

Задачами освоения дисциплины (модуля) являются:

- глубокое изучение теории механического движения,
- приобретение навыков в решении задач,
- приобретение умений использовать алгоритмы решения современных задач курса при одновременном построении соответствующей физической модели рассматриваемого процесса.
-

2 Место дисциплины (модуля) в структуре основной профессиональной образовательной программы

Дисциплина (модуль) относится к обязательной части основной профессиональной образовательной программы.

Дисциплина (модуль) изучается во 2 и 3 семестрах.

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения основной профессиональной образовательной программы (формируемыми компетенциями) и индикаторами их достижения, установленными в общей характеристике основной профессиональной образовательной программы, приведён ниже.

В результате освоения дисциплины (модуля) обучающийся должен:

Знать:

1. законы механики, порядок применения теоретического аппарата; основные методы и типовые алгоритмы исследования механических систем; законы электрических цепей и магнитных полей, методы анализа, теоретического и экспериментального исследования; методы и средства математического и геометрического моделирования объектов и процессов в области стандартизации и метрологического обеспечения (*код компетенции – ОПК-9, код индикатора - ОПК-9.1*);

Уметь:

1. осуществлять постановку и выполнять эксперименты по проверке корректности и эффективности научно обоснованных решений в области стандартизации и метрологического обеспечения; применять основные законы технической механики для решения классических и современных технических задач; использовать основные законы электрических и магнитных цепей, принципы работы электрических машин и электронных устройств (*код компетенции – ОПК-9, код индикатора - ОПК-9.2*);

Владеть:

1. методами комплексного анализа для обоснованного принятия технических решений в области стандартизации и метрологического обеспечения (*код компетенции – ОПК-9, код индикатора – ОПК-9.3*).

Полные наименования компетенций и индикаторов их достижения представлены в общей характеристике основной профессиональной образовательной программы.

4 Объем и содержание дисциплины (модуля)

4.1 Объем дисциплины (модуля), объем контактной и самостоятельной работы обучающегося при освоении дисциплины (модуля), формы промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

Номер семестра	Формы промежуточной аттестации	Общий объем в зачетных единицах	Общий объем в академических часах	Объем контактной работы в академических часах						Объем самостоятельной работы в академических часах
				Лекционные занятия	Практические (семинарские) занятия	Лабораторные работы	Клинические практические занятия	Консультации	Промежуточная аттестация	
Очная форма обучения										
2	ЗЧ, КР	3	108	32	16			1	0,35	58,65
3	Э, КР	3	108	32	16			3	0,50	56,50
Итого	–	6	216	64	32			4	0,85	115,15

Условные сокращения: Э – экзамен, ЗЧ – зачет, ДЗ – дифференцированный зачет (зачет с оценкой), КР – защита курсового проекта, КР – защита курсовой работы.

4.2 Содержание лекционных занятий

Очная форма обучения

№ п/п	Темы лекционных занятий
<i>2 семестр</i>	
1	1. Введение в механику 1.1. Предмет теоретической механики и её роль в современном образовании. 1.2. Основные исторические этапы развития механики.
2	2. Кинематика точки 2.1. Кинематика точки и её основные задачи. Способы задания движения точки: векторный, координатный, естественный. 2.2. Определение кинематических характеристик движения точки при векторном и координатном способах задания её движения. 2.3. Естественные оси, естественный трехгранник. Кривизна и радиус кривизны кривой. Определения скорости и ускорения точки при естественном способе задания её движения. Касательное и нормальное ускорение точки.
3	3. Кинематика простейших движений твёрдого тела 3.1. Понятие об абсолютно твердом теле. Основные задачи кинематики твёрдого тела. Понятие о числе степеней свободы. Классификация движений твёрдого тела. 3.2. Поступательное движение твёрдого тела. Примеры. Основная теорема поступательного движения. Уравнения поступательного движения. 3.3. Вращательное движение твёрдого тела вокруг неподвижной оси. Уравнение вращательного движения. Угловая скорость и угловое ускорение. 3.4. Скорость и ускорение точки тела, вращающегося вокруг неподвижной оси. Примеры на определение скоростей и ускорений точек тела во вращательном движении.

№ п/п	Темы лекционных занятий
4	<p>4. Плоскопараллельное (плоское) движение твёрдого тела</p> <p>4.1. Определение плоского движения. Примеры. Уравнения движения плоской фигуры. Разложение движения плоской фигуры на поступательное движение вместе с полюсом и вращательное движение вокруг полюса.</p> <p>4.2. Теорема о скоростях точек плоской фигуры. Свойство проекций скоростей двух точек плоской фигуры на ось, проходящую через эти точки. Независимость угловой скорости и углового ускорения фигуры от выбора полюса. Применение теоремы для определения скоростей точек и угловых скоростей звеньев плоского механизма.</p> <p>4.3. Мгновенный центр скоростей (МЦС) плоской фигуры и способы его нахождения. Определение скоростей точек плоской фигуры и её угловой скорости с помощью МЦС. Примеры.</p> <p>4.5. Теорема об ускорениях точек плоской фигуры. Многоугольник ускорений. Примеры.</p>
5	<p>5. Вращение твердого тела вокруг неподвижной точки</p> <p>5.1. Определение движения. Примеры. Число степеней свободы. Углы Эйлера. Кинематические уравнения сферического движения тела.</p> <p>5.2. Скорость точки тела при сферическом движении. Угловая скорость. Мгновенная ось вращения. Понятие об аксоидах. Кинематические уравнения Эйлера.</p> <p>5.3. Угловое ускорение тела при сферическом движении. Ускорение точки тела при сферическом движении.</p>
6	<p>6. Общий случай движения свободного твёрдого тела</p> <p>6.1. Определение движения. Число степеней свободы. Разложение движения свободного твердого тела на поступательное движение вместе с полюсом и вращательное движение вокруг полюса. Уравнения движения.</p> <p>6.2. Теоремы о скоростях и ускорениях точек свободного твёрдого тела.</p>
7	<p>7. Сложное движение точки</p> <p>7.1. Абсолютное, относительное и переносное движения. Примеры.</p> <p>7.2. Теорема о сложении скоростей точки.</p> <p>7.3. Теорема о сложении ускорений (теорема Кориолиса). Ускорение Кориолиса. Правило Жуковского.</p> <p>7.4. Пример на определение скорости и ускорения точки в сложном движении</p>
8	<p>8. Сложное движение твёрдого тела</p> <p>8.1. Сложение поступательных движений твёрдого тела.</p> <p>8.2. Сложение вращений твёрдого тела вокруг пересекающихся осей.</p> <p>8.3. Сложение вращений твёрдого тела вокруг параллельных осей. Пара вращений. Понятие о методе остановки. Пример.</p>
9	<p>9. Статика</p> <p>9.1. Введение в статику. Основные понятия и определения. Аксиомы статики. Основные задачи статики.</p> <p>9.2. Система сходящихся сил. Определение равнодействующей системы сходящихся сил. Условия равновесия сходящихся сил.</p> <p>9.3. Пара сил. Момент силы относительно центра и оси. Момент пары. Свойства пар сил. Сложение пар сил. Условия равновесия пар.</p> <p>9.4. Произвольная система сил. Главный вектор и главный момент системы сил. Приведение произвольной системы сил к центру. Условия равновесия различных систем сил. Плоская система сил.</p> <p>9.5. Частные случаи приведения произвольной системы сил к центру: равнодействующая, пара сил, динамический винт.</p> <p>9.6. Центр параллельных сил. Центр тяжести твердого тела. Методы определения положения центра тяжести.</p>

№ п/п	Темы лекционных занятий
	9.7. Силы трения. Силы трения скольжения, Трение качения. Равновесие тел с учетом сил трения.
<i>3 семестр</i>	
10	<p>10. Введение в динамику. Динамика материальной точки.</p> <p>10.1. Основные понятия и определения. Законы Галилея-Ньютона.</p> <p>10.2. Дифференциальные уравнения движения материальной точки при векторном, координатном и естественном способах задания движения.</p> <p>10.3. Две основные задачи динамики точки и их решение.</p> <p>10.4. Динамика относительного движения материальной точки. Дифференциальные уравнения относительного движения. Переносная и кориолисова силы инерции. Уравнение относительного покоя. Пример.</p>
11	<p>11. Механическая система</p> <p>11.1. Определение механической системы. Примеры. Классификация сил, действующих на механическую систему. Свойства внутренних сил.</p> <p>11.2. Дифференциальные уравнения движения механической системы. Основные задачи динамики для механической системы.</p>
12	<p>12. Общие теоремы динамики механической системы</p> <p>12.1. Центр масс механической системы и его координаты. Масса системы. Теорема о движении центра масс. Сохранение движения центра масс.</p> <p>12.2. Количество движения механической системы. Элементарный и полный импульс силы. Теорема об изменении количества движения системы. Сохранение количества движения механической системы.</p> <p>12.3. Момент количества движения материальной точки относительно центра и оси. Кинетический момент механической системы. Теорема об изменении кинетического момента системы. Сохранение кинетического момента.</p> <p>12.4. Кинетическая энергия механической системы. Теорема Кенига. Вычисление кинетической энергии твёрдого тела при поступательном, вращательном и плоском движениях. Теорема об изменении кинетической энергии механической системы.</p> <p>12.5. Элементарная и полная работа силы. Мощность силы. Работа силы тяжести и силы упругости. Работа внутренних сил в абсолютно твердом теле. Работа и мощность силы, приложенной к точке тела, вращающегося вокруг неподвижной оси.</p> <p>12.6. Дифференциальные уравнения поступательного, вращательного и плоского движения твёрдого тела. Осевой момент инерции тела.</p>
13	<p>13. Принцип Даламбера (метод кинетостатики)</p> <p>13.1 Сила инерции материальной точки. Принцип Даламбера для материальной точки.</p> <p>13.2. Принцип Даламбера для механической системы. Метод кинетостатики. Решение первой задачи динамики.</p> <p>13.3. Приведение сил инерции точек твёрдого тела при поступательном, вращательном и плоском его движениях.</p> <p>13.4. Определение динамических реакций подшипников вращающегося твёрдого тела. Центробежные моменты инерции тела. Условия, при которых добавочные динамические реакции равны нулю. Статическая и динамическая уравновешенность тела.</p>

№ п/п	Темы лекционных занятий
14	<p>14. Элементы аналитической механики</p> <p>14.1. Основные понятия аналитической механики: связи и их уравнения, классификация связей; возможные перемещения материальной точки и механической системы; возможная работа; идеальные связи; обобщенные координаты; число степеней свободы голономной механической системы.</p> <p>14.2. Принцип возможных перемещений. Общее уравнение динамики.</p> <p>14.3. Обобщенные силы и способы их вычисления. Принцип возможных перемещений в обобщенных координатах. Условия равновесия механической системы в обобщенных координатах.</p> <p>14.4. Общее уравнение динамики в обобщенных координатах. Дифференциальные уравнения движения голономной механической системы в обобщенных координатах (уравнения Лагранжа второго рода). Уравнения Лагранжа для консервативных систем.</p>
15	<p>15. Малые колебания механических систем</p> <p>15.1. Понятие об устойчивости положения равновесия механической системы. Теорема Лагранжа-Дирихле. Устойчивость равновесия механической системы с одной степенью свободы. Устойчивость равновесия механической системы с конечным числом степеней свободы.</p> <p>15.2. Кинетическая и потенциальная энергия системы в обобщенных координатах. Диссипативная функция. Дифференциальные уравнения малых колебаний механической системы с конечным числом степеней свободы.</p> <p>15.3. Свободные колебания механической системы с одной степенью свободы. Дифференциальное уравнение и его интегрирование. Амплитудная форма решения. Амплитуда, циклическая частота и период колебаний. График колебаний.</p> <p>15.4. Влияние линейного сопротивления на свободные колебания механической системы с одной степенью свободы. Дифференциальное уравнение и его интегрирование. Затухающие колебания и апериодическое движение.</p> <p>15.5. Вынужденные колебания механической системы с одной степенью свободы при отсутствии сопротивления. Дифференциальное уравнение и его интегрирование. Амплитуда вынужденных колебаний и сдвиг фаз. Случай резонанса.</p> <p>15.6. Влияние линейного сопротивления на вынужденные колебания механической системы с одной степенью свободы. Дифференциальное уравнение и его интегрирование. Амплитудно-частотные и фазо-частотные характеристики системы.</p>
16	<p>16. Элементы теории удара</p> <p>16.1 Теория удара материальной точки. Явление удара. Основное допущение общей теории удара. Ударная сила и ударный импульс. Теоремы об изменении количества движения и момента количества движения материальной точки при ударе. Удар материальной точки о неподвижную поверхность. Коэффициент восстановления.</p> <p>16.2. Теория удара механической системы и твердых тел. Теоремы об изменении количества движения и кинетического момента при ударе. Удар по телу, вращающемуся вокруг неподвижной оси. Условия, при которых удар не передается на ось вращения. Центр удара.</p>

4.3 Содержание практических (семинарских) занятий

Очная форма обучения

№ п/п	Темы практических (семинарских) занятий
<i>2 семестр</i>	
1	Кинематика точки
2	Вращение твёрдого тела вокруг неподвижной оси
3	Определение скорости точки в плоском движении
4	Определение ускорений при плоском движении
5	Сложное движение точки
6	Равновесие твердого тела под действием плоской системы сил
7	Равновесие совокупности твердых тел под действием плоской системы сил
8	Равновесие твердого тела под действием произвольной системы сил
<i>3 семестр</i>	
9	Дифференциальные уравнения движения точки
10	Теорема о движении центра масс
11	Теорема об изменении кинетического момента
12	Теорема об изменении кинетической энергии
13	Принцип Даламбера
14	Принцип возможных перемещений.
15	Уравнения Лагранжа второго рода

4.4 Содержание лабораторных работ

Занятия указанного типа не предусмотрены основной профессиональной образовательной программой

4.5 Содержание клинических практических занятий

Занятия указанного типа не предусмотрены основной профессиональной образовательной программой.

4.6 Содержание самостоятельной работы обучающегося

Очная форма обучения

№ п/п	Виды и формы самостоятельной работы
<i>2 семестр</i>	
1	Решение домашних задач.
2	Работа с программами–тренажерами по кинематике и статике
3	Подготовка к практическим (семинарским) занятиям
4	Выполнение курсовой работы и подготовка к ее защите
5	Подготовка к промежуточной аттестации и ее прохождение
<i>3 семестр</i>	
1	Решение домашних задач.
2	Работа с программами–тренажерами по динамике
3	Подготовка к практическим (семинарским) занятиям
4	Выполнение курсовой работы и подготовка к ее защите
5	Подготовка к промежуточной аттестации и ее прохождение

5 Система формирования оценки результатов обучения по дисциплине (модулю) в рамках текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающегося

Очная форма обучения

Мероприятия текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающегося			Максимальное количество баллов
<i>2 семестр</i>			
Текущий контроль успеваемости	Первый рубежный контроль	Оцениваемая учебная деятельность обучающегося:	
		Посещение лекционных и практических занятий	5
		Работа на практических занятиях	10
		Выполнение и защита домашних заданий, РГР	10
		Работа с программами–тренажерами	5
		<i>ИТОГО</i>	30
	Второй рубежный контроль	Оцениваемая учебная деятельность обучающегося:	
		Посещение лекционных и практических занятий	5
		Работа на практических занятиях	5
		Выполнение и защита домашних заданий	10
		Работа с программами–тренажерами	10
<i>ИТОГО</i>		30	
Промежуточная аттестация		<i>Зачет</i>	40 (100*)
		<i>Защита курсовой работы</i>	100
<i>3 семестр</i>			
Текущий контроль успеваемости	Оцениваемая учебная деятельность обучающегося:		
	Посещение лекционных и практических занятий	10	
	Работа на практических занятиях	5	
	Выполнение и защита домашних заданий	25	
	Работа с программами–тренажерами	20	
	<i>ИТОГО</i>	60	
Промежуточная аттестация		<i>Экзамен</i>	40 (100*)
		<i>Защита курсовой работы</i>	100

* в случае отказа обучающегося от результатов текущего контроля успеваемости.

Шкала соответствия оценок в стобальной и академической системах оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю)

Система оценивания результатов обучения	Оценки			
Стобальная система оценивания	0 – 39	40 – 60	61 – 80	81 – 100
Академическая система оценивания (экзамен, дифференцированный зачет, защита курсовой работы)	Неудовлетворительно	Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
Академическая система оценивания (зачет)	Не зачтено	Зачтено		

6 Описание материально-технической базы (включая оборудование и технические средства обучения), необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю) требуется:

- для проведения лекционных занятий требуется учебная аудитория, оборудованная доской для написания мелом, а также ноутбуком, видеопроектором, настенным экраном; Специализированная мебель: столы и стулья обучающихся, стол и стул преподавателя.

Демонстрационное оборудование: доска для написания мелом – 1 шт., проектор – 1 шт., экран – 1 шт., компьютер – 1 шт., акустическая система – 1 шт.

- для проведения практических занятий требуется компьютерный класс. Специализированная мебель: столы и стулья обучающихся, стол и стул преподавателя.

Демонстрационное оборудование: доска для написания мелом – 1 шт., ноутбук – 1 шт., переносной экран – 1 шт., переносной проектор – 1 шт.

7 Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

7.1 Основная литература

1. Курс теоретической механики: учебник / В. И. Дронг, В. В. Дубинин, М. М. Ильин [и др.] ; под редакцией К. С. Колесникова, В. В. Дубинина. – 5-е изд., испр. – Москва: МГТУ им. Баумана, 2017. — 580 с. – ISBN 978-5-7038-4568-4. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/250205> – Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Мещерский, И. В. Задачи по теоретической механике: учебное пособие / И. В. Мещерский; под редакцией В. А. Пальмова, Д. Р. Меркина. — 52-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2022. — 448 с. — ISBN 978-5-8114-4190-7. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/206417> — Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Курсовые работы по теоретической механике с использованием Mathcad: учебное пособие. / В.Д. Бертяев и др., Издание 2 - е, перераб. и доп Тула, изд-во ТулГУ, 2015, 320с.
4. Бертяев, В. Д. Теоретическая и аналитическая механика. Учебно-исследовательская работа студентов: учебное пособие / В. Д. Бертяев, В. С. Ручинский. – Санкт-Петербург: Лань, 2022. – 424 с. – ISBN 978-5-8114-3431-2. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/205973> – Режим доступа: для авториз. пользователей.

7.2 Дополнительная литература

1. Бутенин Н. В., Фуфаев Н. А. Введение в аналитическую механику. – 2-е изд., пер. и доп. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1991. – 256 с
2. Теоретическая механика. Краткий курс: учебник для вузов / В. Д. Бертяев, Л. А. Булатов, А. Г. Митяев, В. Б. Борисевич. — 2-е изд., перераб. и доп. – Москва: Издательство Юрайт, 2023. – 168 с. – (Высшее образование). – ISBN 978-5-534-13208-3. – Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. – URL: <https://urait.ru/bcode/517437> – Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Бертяев В. Теоретическая механика на базе Mathcad. Практикум / В. Бертяев. – Санкт-Петербург: БХВ-Петербург, 2005. - 752 с. – ISBN 5-94157-625-0. – Текст: электронный // Образовательная платформа IBooks [сайт]. – URL: <https://ibooks.ru/bookshelf/18567/reading> – Режим доступа: для авториз. пользователей.
4. Бертяев, В. Д. Теоретическая механика в вопросах и ответах: учебное пособие / В. Д. Бертяев, Л. М. Нечаев, В. Д. Кухарь. – Вологда: Инфра-Инженерия, 2022. – 240 с. – ISBN 978-5-9729-0931-5. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/282038> – Режим доступа: для авториз. пользователей.

8 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)

1. ЭБС ТулГУ «BookOnLime» универсальная базовая коллекция изданий. - Режим доступа: <https://tsutula.bookonline.ru/> по паролю – Загл. с экрана.

2. ЭБС «Лань» универсальная базовая коллекция изданий. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/> по паролю – Загл. с экрана.

3. Образовательная платформа «Юрайт». - Режим доступа: <https://urait.ru/> по паролю – Загл. с экрана.

4. Научная электронная библиотека eLibrary - библиотека электронной периодики. Режим доступа: <http://elibrary.ru/> по паролю. – Загл. с экрана.
5. НЭБ Кибер Ленинка научная электронная библиотека открытого доступа. Режим доступа: <http://cyberleninka.ru/> свободный. – Загл. с экрана.
6. Международный научно-образовательный сайт EqWorld. Режим доступа: <http://eqworld.ipmnet.ru/indexr.htm> (рус.), <http://eqworld.ipmnet.ru> (англ.) свободный. – Загл. с экрана.

9 Перечень информационных технологий, необходимых для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

9.1 Перечень необходимого ежегодно обновляемого лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства

1. Пакет прикладных программ Mathcad.
2. Пакет офисных приложений «Мой Офис».
3. Пакет офисных приложений MS Office.
4. Кафедральные программы–тренажеры по статике, кинематике, динамике, программа для проведения тестирования

9.2 Перечень необходимых современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем

1. Справочная правовая система «КонсультантПлюс».