Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Максимов Алексей Борисович
Должность: директор департамента по образовательной политике
Дата подписания: 25.06.2026 12:15:50
Уникальный программный ключ:
8db180d1a3f02ac9e60521a5672742735c18b1d6

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
**«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**
**(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)**

**Транспортный факультет**

**УТВЕРЖДАЮ**
И.о. декана
/М.Р. Рыбакова/
«26» февраля 2026 г

# РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

# ИНЖЕНЕРНАЯ МЕХАНИКА В ЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ МАШИНОСТРОЕНИИ

Направление подготовки/ специальность
**13.03.03 «Энергетическое машиностроение»**

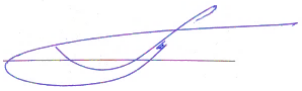
Профиль/ специализация
**Поршневые двигатели и турбомашины**

Квалификация
**Бакалавр**

Форма обучения
**Очная**

Москва, 2026

**Разработчик(и):**
к.т.н., профессор  /В.В. Галевко/

**Согласовано**:
Заведующий кафедрой «Энергоустановки для транспорта и малой энергетики», д.т.н.  /Г.Г. Надарейшвили/

**Оглавление**

1. Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине ..... 4
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы ..... 4
3. Структура и содержание дисциплины ..... 5
3.1. Виды учебной работы и трудоемкость ..... 5
3.2. Тематический план изучения дисциплины ..... 6
3.3. Содержание дисциплины ..... 7
3.4. Тематика семинарских/практических и лабораторных занятий ..... 8
3.4.1. Семинарские/практические занятия ..... 8
3.4.2. Лабораторные занятия ..... 9
3.5. Тематика курсовых проектов (курсовых работ) ..... 10
4. Учебно-методическое и информационное обеспечение ..... 10
4.1. Нормативные документы и ГОСТы ..... 10
4.2. Основная литература ..... 10
4.3. Дополнительная литература ..... 10
4.4. Электронные образовательные ресурсы ..... 11
4.5. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение ..... 11
4.6. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы ..... 11
5. Материально-техническое обеспечение ..... 12
6. Методические рекомендации ..... 12
6.1. Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения ..... 12
6.2. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины ..... 13
7. Фонд оценочных средств ..... 14
7.1 Методы контроля и оценивания результатов обучения ..... 14
7.2 Шкала и критерии оценивания результатов обучения ..... 16
7.3 Оценочные средства ..... 19

## 1. Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине

**Целью освоения дисциплины** является формирование у обучающихся фундаментальных знаний законов механики, методов анализа движения материальных тел и конструкций, расчёта механических нагрузок, а также основ прочностного анализа, необходимых для последующего расчётного обоснования и верификации проектируемых узлов и систем поршневых двигателей и турбомашин на третьем этапе сквозного проектирования.

**Задачами дисциплины являются:**

- изучение основных понятий и аксиом статики, кинематики и динамики материальной точки, твёрдого тела и механической системы;
- освоение методов приведения систем сил к простейшему виду и условий равновесия твёрдых тел и систем тел;
- формирование навыков определения кинематических характеристик движения точек и твёрдых тел при различных видах движения;
- изучение общих теорем динамики (теорем об изменении количества движения, кинетического момента, кинетической энергии) и принципа Даламбера;
- приобретение навыков составления и решения уравнений движения и равновесия механических систем, включая задачи динамики машин;
- формирование понимания связи между внешними нагрузками и внутренними силовыми факторами в элементах конструкций как основы для последующего прочностного расчёта деталей двигателя.

В результате освоения дисциплины у обучающихся формируются следующие компетенции и должны быть достигнуты следующие результаты обучения:

Планируемые результаты обучения по дисциплине

| Код и наименование компетенции | Код и наименование индикатора достижения компетенции |
|---|---|
| **ОПК-3.** Способен применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач | **ИОПК-3.1.** Умеет применять соответствующий физико-математический аппарат при решении профессиональных задач<br>**ИОПК-3.2.** Умеет применять методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач |

**Роль дисциплины в формировании компетенций:**

**Формирующая.** Дисциплина обеспечивает применение методов теоретической механики для расчёта кинематики и динамики механизмов, определения сил, действующих в элементах конструкций энергетических установок. В ходе практических занятий и выполнения индивидуального задания студенты осваивают физико-математический аппарат (векторная алгебра, дифференциальное и интегральное исчисление), методы анализа механических систем, что формирует умение применять соответствующий аппарат и методы анализа при решении профессиональных задач (ИОПК-3.1, ИОПК-3.2).

## 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина **«Инженерная механика в энергетическом машиностроении»** относится к **обязательной части блока Б.1** учебного плана (код дисциплины: Б1.1.16) и изучается в **3-м семестре**.

Данная дисциплина закладывает **фундаментальную механическую базу** для третьего этапа сквозного проекта «**Расчётное обоснование, верификация и оптимизация**», обеспечивая понимание законов движения и равновесия, необходимых для последующего динамического и прочностного анализа узлов и деталей двигателя.

Изучение дисциплины базируется на знаниях, умениях и навыках, полученных при освоении следующих дисциплин и курсов:

- **Физика** (школьный курс, а также дисциплина «Физика» (Б1.1.26.3, 2-3 семестры): знание основных законов механики (законы Ньютона, законы сохранения) является основой для изучения теоретической механики.
- **Математика** (школьный курс, а также дисциплины «Линейная алгебра» (Б1.1.26.1, 1 семестр) и «Математический анализ» (Б1.1.26.2, 2 семестр): владение векторной алгеброй, дифференциальным и интегральным исчислением необходимо для решения уравнений движения и равновесия.
- **Теоретические основы поршневых двигателей и турбомашин** (Б1.1.11, 1 семестр): знание принципов работы и конструктивных схем двигателей позволяет понимать, к каким объектам будут применяться законы механики.

*Основные положения дисциплины используются в дальнейшем при изучении следующих дисциплин и освоении элементов образовательной программы, обеспечивая последующие этапы сквозного проекта:*

- **Сопротивление материалов** (Б1.1.15, 3-4 семестры) и **Термодинамика** (Б1.1.17, 3 семестр): используют понятия сил, моментов и энергий, введённые в инженерной механике, для расчёта напряжённо-деформированного состояния и анализа энергетических процессов (III этап).
- **Динамический расчет поршневых двигателей** (Б1.2.4, 5 семестр): непосредственно базируется на законах кинематики и динамики для расчёта сил и моментов, действующих в кривошипно-шатунном механизме (III этап).
- **Конструирование и расчет механизмов энергетических установок** (Б1.1.22, 5-6 семестры) и **Конструирование поршневых двигателей** (Б1.2.8, 6 семестр): требуют умения определять нагрузки на элементы конструкций для последующего расчёта на прочность (III этап).
- **Расчет и оптимизация деталей двигателя** (Б1.2.9, 6 семестр): использует методы механики для постановки краевых задач в CAE-системах и интерпретации результатов прочностного анализа (III этап).
- **Виброакустика на транспорте** (Б1.2.11, 7 семестр): базируется на понимании колебательных процессов, изучаемых в динамике механических систем.
- Все последующие дисциплины, связанные с расчётом, конструированием и испытаниями двигателей, а также подготовка и защита выпускной квалификационной работы.

## 3. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет **3 зачетные единицы (108 часов)**.

### 3.1. Виды учебной работы и трудоемкость

| № п/п | Вид учебной работы | Количество часов | Семестры |
|---|---|---|---|
| | | | 3 |
| 1 | Аудиторные занятия | 54 | 54 |
| | В том числе: | | |
| 1.1 | Лекции | 18 | 18 |
| 1.2 | Семинарские/практические занятия | 36 | 36 |

| № п/п | Вид учебной работы | Количество часов | Семестры |
|---|---|---|---|
| 1.3 | Лабораторные занятия | – | – |
| 2 | Самостоятельная работа | 54 | 54 |
| 3 | Промежуточная аттестация | | |
| | Зачет/диф.зачет/экзамен | Экзамен | Экзамен |
| | **Итого** | **108** | **108** |

## 3.2. Тематический план изучения дисциплины

| № п/п | Название раздела / темы | Всего часов | Аудиторная работа | Лекции | Семинарские/ практические занятия | Самостоятельная работа |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Семестр 3** | **Теоретическая механика** | | | | | |
| 1 | Тема 1. Введение. Основные понятия и аксиомы статики | 8 | 4 | 2 | 2 | 4 |
| 2 | Тема 2. Система сходящихся сил. Момент силы относительно точки и оси | 12 | 6 | 2 | 4 | 6 |
| 3 | Тема 3. Плоская система сил. Равновесие твёрдых тел | 14 | 8 | 2 | 6 | 6 |
| 4 | Тема4. Пространственная система сил | 12 | 6 | 2 | 4 | 6 |
| 5 | Тема 5. Кинематика точки. Способы задания движения | 10 | 4 | 2 | 2 | 6 |
| 6 | Тема 6. Кинематика твёрдого тела. Поступательное и вращательное движение | 12 | 6 | 2 | 4 | 6 |
| 7 | Тема7. Плоскопараллельное движение твёрдого тела | 12 | 6 | 2 | 4 | 6 |

| № п/п | Название раздела / темы | Всего часов | Аудиторная работа | Лекции | Семинарские/ практические занятия | Самостоятельная работа |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 8 | Тема 8. Динамика материальной точки. Законы динамики | 10 | 4 | 2 | 2 | 6 |
| 9 | Тема 9. Динамика механической системы. Общие теоремы динамики | 14 | 8 | 2 | 6 | 6 |
| 10 | Подготовка к экзамену | 4 | – | – | – | 4 |
| | **Итого за 1 семестр** | **108** | **54** | **18** | **36** | **54** |

## 3.3. Содержание дисциплины

**Семестр 3. Теоретическая механика**

**Тема 1. Введение. Основные понятия и аксиомы статики**

Предмет теоретической механики и её место среди естественнонаучных и профессиональных дисциплин. Роль теоретической механики в формировании инженерного мышления и как фундамента для расчётного обоснования при проектировании двигателей. Абсолютно твёрдое тело, материальная точка, механическая система. Сила как вектор. Система сил. Эквивалентные системы сил. Равнодействующая и уравновешивающая силы. Аксиомы статики. Связи и реакции связей. Классификация связей. Принцип освобождаемости от связей.

**Тема 2. Система сходящихся сил. Момент силы относительно точки и оси**

Геометрический и аналитический способы сложения сил. Силовой многоугольник. Условие равновесия системы сходящихся сил в геометрической и аналитической формах. Проекция силы на ось и на плоскость. Теорема о трёх силах. Момент силы относительно точки как вектор. Момент силы относительно оси. Связь между моментом силы относительно точки и оси. Теорема Вариньона о моменте равнодействующей. Применение полученных знаний для анализа сил, действующих на элементы конструкций (например, в шарнирных соединениях).

**Тема 3. Плоская система сил. Равновесие твёрдых тел**

Приведение плоской системы сил к данному центру. Главный вектор и главный момент. Частные случаи приведения. Уравнения равновесия для различных видов плоских систем сил (произвольная, система параллельных сил). Определение реакций опор балок, рам, арок. Равновесие системы сочленённых тел. Распределённые нагрузки и их равнодействующие. Трение скольжения и трение качения. Законы Кулона. Угол и конус трения. Равновесие при наличии трения. Примеры из практики: расчёт реакций в опорах коленчатого вала, анализ сил в кривошипно-шатунном механизме.

**Тема 4. Пространственная система сил**

Момент силы относительно оси (повторение и углубление). Приведение пространственной системы сил к центру. Главный вектор и главный момент. Уравнения равновесия пространственной системы сил. Частные случаи. Определение реакций опор пространственных конструкций. Примеры: расчёт сил, действующих на вал с насаженными деталями (зубчатые колёса, шкивы).

**Тема 5. Кинематика точки. Способы задания движения**

Предмет кинематики. Основные понятия: траектория, путь, время, система отсчёта. Векторный, координатный и естественный способы задания движения точки. Скорость и ускорение

точки при различных способах задания движения. Определение скорости и ускорения точки как производных радиуса-вектора и координат по времени. Касательное и нормальное ускорение. Частные случаи движения точки: равномерное, равнопеременное, гармонические колебания. Применение к анализу движения поршня.

**Тема 6. Кинематика твёрдого тела. Поступательное и вращательное движение**

Поступательное движение твёрдого тела: свойства, траектории, скорости и ускорения точек. Вращательное движение твёрдого тела вокруг неподвижной оси. Угловая скорость и угловое ускорение. Равномерное и равнопеременное вращение. Скорости и ускорения точек вращающегося тела. Передача вращательного движения (ременные, зубчатые передачи). Передаточное отношение. Примеры: вращение коленчатого вала, маховика, ротора турбины.

**Тема 7. Плоскопараллельное движение твёрдого тела**

Определение плоскопараллельного (плоского) движения. Разложение плоского движения на поступательное и вращательное. Уравнения плоского движения. Скорости точек плоской фигуры. Теорема о скоростях точек плоской фигуры. Мгновенный центр скоростей (МЦС). Способы нахождения МЦС. Определение скоростей точек с помощью МЦС. Понятие об ускорениях точек при плоском движении. Теорема об ускорениях. Мгновенный центр ускорений. Применение к анализу движения шатуна в кривошипно-шатунном механизме.

**Тема 8. Динамика материальной точки. Законы динамики**

Предмет динамики. Основные понятия: масса, сила, инерция. Законы динамики Галилея-Ньютона. Дифференциальные уравнения движения материальной точки в декартовых координатах и в проекциях на оси естественного трёхгранника. Две основные задачи динамики. Относительное движение материальной точки. Силы инерции. Принцип Даламбера для материальной точки. Применение для расчёта движения поршня под действием газовых сил и сил инерции.

**Тема 9. Динамика механической системы. Общие теоремы динамики**

Механическая система. Классификация сил: внешние и внутренние. Свойства внутренних сил. Центр масс механической системы и его свойства. Моменты инерции твёрдого тела относительно оси и относительно точки. Радиус инерции. Теорема Гюйгенса-Штейнера. Вычисление моментов инерции простых тел (стержень, диск, цилиндр, шар). Общие теоремы динамики системы: теорема о движении центра масс, теорема об изменении количества движения, теорема об изменении кинетического момента, теорема об изменении кинетической энергии. Закон сохранения механической энергии. Принцип Даламбера для механической системы. Главный вектор и главный момент сил инерции. Применение общих теорем для анализа движения кривошипно-шатунного механизма и вращающихся масс.

**Тема 10. Основы экспериментального исследования механических систем**

Роль эксперимента в инженерной механике. Методы экспериментального определения кинематических характеристик (перемещения, скорости, ускорения) звеньев механизмов: контактные и бесконтактные датчики. Тензометрия как метод экспериментального исследования напряжённо-деформированного состояния деталей: принцип работы тензорезистора, подключение, тарировка. Методы измерения сил, моментов и давлений. Обработка результатов эксперимента: оценка случайной и систематической погрешности, доверительный интервал, представление результатов. Планирование простейшего механического эксперимента.

## 3.4. Тематика семинарских/практических и лабораторных занятий

### 3.4.1. Семинарские/практические занятия

| № п/п | № раздела дисциплины | Наименование практического занятия | Трудоемкость (час.) |
|---|---|---|---|
| 1 | Тема 1 | Определение реакций связей. Решение задач на равновесие тела под действием плоской системы сил | 2 |

| № п/п | № раздела дисциплины | Наименование практического занятия | Трудоемкость (час.) |
|---|---|---|---|
| 2 | Тема 2 | Геометрический и аналитический способы сложения сходящихся сил | 2 |
| 3 | Тема 2 | Определение моментов сил относительно точки и оси. Применение теоремы Вариньона | 2 |
| 4 | Тема 3 | Приведение плоской системы сил к центру. Определение главного вектора и главного момента | 2 |
| 5 | Тема 3 | Расчёт реакций опор балок и рам | 2 |
| 6 | Тема 3 | Равновесие сочленённых систем. Расчёт составных конструкций | 2 |
| 7 | Тема 3 | Равновесие при наличии трения скольжения и качения | 2 |
| 8 | Тема 4 | Решение задач на равновесие пространственной системы сил | 2 |
| 9 | Тема 5 | Определение траектории, скорости и ускорения точки при различных способах задания движения | 2 |
| 10 | Тема 6 | Методы экспериментального определения кинематических характеристик. Обработка результатов измерений | 2 |
| 11 | Тема 6 | Тензометрия. Измерение сил и деформаций. Оценка погрешностей эксперимента | 2 |
| 12 | Тема 7 | Определение скоростей точек плоской фигуры с помощью мгновенного центра скоростей | 2 |
| 13 | Тема 7 | Кинематический анализ кривошипно-шатунного механизма | 2 |
| 14 | Тема 8 | Решение прямой и обратной задач динамики материальной точки | 2 |
| 15 | Тема 8 | Применение принципа Даламбера для материальной точки | 2 |
| 16 | Тема 9 | Вычисление моментов инерции тел. Применение теоремы Гюйгенса-Штейнера | 2 |
| 17 | Тема 9 | Применение теоремы об изменении кинетической энергии к механической системе | 2 |
| 18 | Тема 9 | Применение принципа Даламбера для механической системы. Определение динамических реакций | 2 |
| | **Итого** | | **36** |

### 3.4.2. Лабораторные занятия

Лабораторные занятия по дисциплине не предусмотрены.

### 3.5. Тематика курсовых проектов (курсовых работ)

Курсовой проект (курсовая работа) по дисциплине не предусмотрены. Результаты освоения дисциплины являются фундаментальной основой для последующего изучения сопротивления материалов, теории механизмов и машин, динамического расчёта двигателей, а также для выполнения расчётного обоснования и верификации на этапе инженерного анализа в сквозном проекте.

## 4. Учебно-методическое и информационное обеспечение

### 4.1. Нормативные документы и ГОСТы

1. Общие основы теоретической и инженерной механики
ГОСТ 2.105-95 «Единая система конструкторской документации (ЕСКД). Обозначения и термины» — для правильного оформления расчетов и чертежей.
ГОСТ 12.1.003-83 «Охрана труда. Общие требования безопасности» — общие требования безопасности при работе с машинами и оборудованием.
2. Статика и динамика
ГОСТ 25.601-83 «Механика. Расчёт прочности деталей машин» — основные методы расчёта статических и динамических нагрузок.
ГОСТ 25100-95 «Методы расчёта усталостной прочности» — для оценки долговечности деталей при переменных нагрузках.
ГОСТ 12.1.012-90 «Вибрация. Общие требования безопасности» — нормы и методы оценки вибраций.
3. Кинематика и динамика движения
ГОСТ 2.701-2008 «ЕСКД. Технологическая документация. Обозначения кинематических схем» — стандарты для построения кинематических схем.
ГОСТ 27.002-89 «Надёжность в технике. Основные понятия» — базовые понятия динамики и надежности.
4. Прочность материалов и деформируемость
ГОСТ 1497-84 «Методы испытаний металлов на растяжение» — для понимания механических свойств материалов.
ГОСТ 1050-88 «Сталь углеродистая обыкновенного качества» — характеристики материалов, применяемых в машиностроении.
ГОСТ 12.3.002-75 «Охрана труда. Средства защиты при работе с металлами» — безопасность при работе с материалами.

### 4.2. Основная литература

1. Бутенин Н.В., Лунц Я.Л., Меркин Д.Р. Курс теоретической механики, 2009.
2. Яблонский А.А., Никифорова В.И. Курс теоретической механики, 2010.
3. Мещерский И.В. Сборник задач по теоретической механике, 2010.

### 4.3. Дополнительная литература

- Бать Ш.И., Джанелидзе Т.Ю., Кельзон О.А. Теоретическая механика в примерах и задачах, т.1, т.2, 2010.
- Сборник коротких задач по теоретической механике под ред. Кепе О.Е., 2009.
- Тарг С.М. Краткий курс теоретической механики, 2010.
- Расчетно-графические работу по статике, кинематике и динамике МАМИ, 2006.

- Бондарь В.С., Петров В.К., Норицина Г.И. Электронное учебно-методическое пособие «Курс лекций по теоретический механике. Статика», 2013 г.
- Учебно- Бондарь В.С., Петров В.К., Норицина Г.И. Электронное учебно- методическое пособие «Курс лекций по теоретический механике. Кинематика», 2014 г.
- Учебно-методическое пособие по курсу «Теоретическая механика» «Элементы аналитической механики», МАМИ, 2011.

### 4.4. Электронные образовательные ресурсы

Инженерная механика в энергетическом машиностроении
https://online.mospolytech.ru/course/view.php?id=15727

### 4.5. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

Для освоения дисциплины и выполнения учебных, научно-исследовательских и проектных работ в рамках образовательной программы рекомендуется использование следующего лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения.

Microsoft Windows – лицензионная операционная система, используемая для обеспечения работы всех учебных компьютеров и персональных устройств в аудиториях университета. Доступна на всех компьютерах университета в рамках лицензионного соглашения. Студенты могут использовать свободно распространяемые альтернативы (Linux, Astra Linux) для выполнения учебных задач.

Microsoft Office – лицензионный пакет офисных приложений, включающий текстовый редактор Word, табличный процессор Excel, программу для создания презентаций PowerPoint. Используется для оформления расчётно-пояснительных записок, отчётов, презентаций и другой учебной документации. Доступен на компьютерах университета. Свободными аналогами являются LibreOffice и OpenOffice.

КОМПАС-3D – российская система трёхмерного моделирования, широко используемая в отечественном машиностроении. Позволяет выполнять параметрическое моделирование, создавать чертежи в соответствии с ЕСКД, проводить прочностные расчёты в среде APM FEM. Учебная версия доступна для свободного скачивания на сайте разработчика (https://kompas.ru).

### 4.6. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Для успешного освоения образовательной программы и выполнения научно-исследовательских, проектных и выпускных квалификационных работ студентам рекомендуется использовать следующие современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы.

**Научная электронная библиотека** eLIBRARY.RU – крупнейшая российская электронная библиотека научных публикаций, интегрированная с Российским индексом научного цитирования (РИНЦ). Содержит полнотекстовые статьи из научных журналов по энергетическому машиностроению, двигателестроению и смежным отраслям. Позволяет отслеживать публикационную активность и находить актуальные исследования. Доступ открыт с любого компьютера через сеть Интернет по адресу: https://elibrary.ru.

**КиберЛенинка** – научная электронная библиотека открытого доступа. Содержит полнотекстовые научные статьи, в том числе по техническим наукам, энергетическому машиностроению и двигателестроению. Все материалы доступны бесплатно. Адрес ресурса: https://cyberleninka.ru.

**Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов (**docs.cntd.ru**)** – бесплатная база нормативных документов, включающая ГОСТы, технические условия, строительные нормы и правила. Удобна для оперативного поиска актуальных стандартов, необходимых при проектировании и расчётах деталей и узлов двигателей. Адрес: https://docs.cntd.ru.

**Росстандарт (ФГУП «Стандартинформ»)** – официальный сайт Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии. Содержит информацию о действующих стандартах, технических регламентах и нормативных документах. Адрес: https://www.gost.ru.

**Научная библиотека Московского политехнического университета** – электронный каталог библиотеки университета, содержащий информацию о фондах учебной и научной литературы. Доступен с любого устройства, имеющего подключение к интернету. Адрес: https://lib.mospolytech.ru.

**«Известия вузов. Машиностроение»** – рецензируемый научный журнал открытого доступа, публикующий статьи по актуальным проблемам машиностроения, включая двигателестроение. Входит в перечень ВАК. Содержит исследования по рабочему процессу ДВС, динамике, прочности и другим направлениям. Адрес: https://izvuzmash.ru.

**Объединение сетевых электронных библиотек (СЭБ)** – некоммерческое партнёрство, объединяющее научную и учебную литературу вузов — участников проекта. Обеспечивает доступ к учебно-методическим материалам по техническим специальностям. Доступ осуществляется через портал ЭБС «Лань»: https://e.lanbook.com (авторизация по IP-адресам университета или через личный кабинет).

## 5. Материально-техническое обеспечение

Для успешного освоения дисциплины используется общий аудиторный фонд университета и специализированные аудитории, закреплённые за кафедрой, имеющие следующее материально-техническое обеспечение:

| **Наименование специальных помещений** | **Оснащённость специальных помещений** |
|---|---|
| Аудитория для лекционных, семинарских и практических занятий № Нд-222 107023, г. Москва, ул. Б. Семёновская, д. 38, стр.13 | Комплект мебели для учебного процесса. Мультимедийное оборудование: интерактивная электронная доска, экран для проектора, переносной ноутбук, проектор. Возможность доступа в интернет. |
| Аудитория для лекционных, семинарских и практических занятий № Нд-223 107023, г. Москва, ул. Б. Семёновская, д. 38, стр.13 | Комплект мебели для учебного процесса. Мультимедийное оборудование: интерактивная электронная доска, переносной ноутбук. Возможность доступа в интернет. |
| Компьютерный класс № Нд-224 107023, г. Москва, ул. Б. Семёновская, д. 38, стр.13 | Компьютеры и мебель для учебного процесса. Мультимедийное оборудование: интерактивная электронная доска, переносной ноутбук. Возможность доступа в интернет. |
| Аудитория для лекционных, семинарских и практических занятий № Нд-229 107023, г. Москва, ул. Б. Семёновская, д. 38, стр.13 | Комплект мебели для учебного процесса. Мультимедийное оборудование: интерактивная электронная доска, переносной ноутбук. Возможность доступа в интернет. |
| Аудитория для лекционных, семинарских и практических занятий № Н-406 107023, г. Москва, ул. Б. Семёновская, д. 38, стр.13 | Комплект мебели для учебного процесса. Мультимедийное оборудование: интерактивная электронная доска, экран для проектора, переносной ноутбук, проектор. Возможность доступа в интернет. |

## 6. Методические рекомендации

### 6.1. Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения

Эффективность освоения дисциплины определяется качеством организации учебного процесса, выбором адекватных форм и методов обучения. Преподавателю необходимо учитывать

специфику дисциплины, уровень подготовленности обучающихся и современные образовательные технологии.

Возможно проведение занятий и аттестаций в дистанционном формате с применением системы дистанционного обучения университета (СДО-LMS). Порядок проведения работ в дистанционном формате устанавливается отдельными распоряжениями проректора по учебной работе и/или центром учебно-методической работы.

**Перед началом преподавания преподавателю необходимо:**

- изучить рабочую программу, цели и задачи дисциплины;
- чётко представлять, какие знания, умения и навыки должен приобрести студент;
- ознакомиться с видами учебной работы и содержанием разделов дисциплины.

**В ходе лекционного занятия преподаватель должен:**

- назвать тему, учебные вопросы, ознакомить студентов с перечнем основной и дополнительной литературы;
- во вступительной части обосновать место и роль темы, раскрыть её практическое значение, увязать с предыдущим материалом;
- в основной части раскрывать содержание учебных вопросов, акцентировать внимание на ключевых категориях, явлениях и процессах, аргументированно обосновывать собственную позицию, приводить примеры, задавать риторические вопросы;
- руководить конспектированием, подчёркивая необходимость фиксации основных положений;
- в заключительной части сформулировать выводы, объявить план следующего занятия, дать рекомендации по подготовке.

**При проведении практических (семинарских) занятий рекомендуется:**

- обеспечивать активное участие всех студентов, использовать индивидуальные выступления, групповые дискуссии, решение практических задач, разбор кейсов;
- контролировать степень усвоения материала, поощрять самостоятельный поиск информации.

**При проведении лабораторных занятий (при наличии) рекомендуется:**

- ознакомить студентов с правилами техники безопасности;
- обеспечить понимание цели и задач каждой работы;
- организовать защиту работ с оценкой понимания сущности изучаемых процессов.

**При организации самостоятельной работы студентов следует:**

- чётко формулировать задания, указывать сроки выполнения;
- обеспечивать необходимыми учебно-методическими материалами;
- осуществлять регулярный контроль выполнения.

**При проведении текущего контроля и промежуточной аттестации рекомендуется:**

- использовать разнообразные формы контроля в соответствии с фондом оценочных средств;
- обеспечить объективность оценивания, руководствуясь установленными критериями;
- своевременно доводить результаты до студентов с указанием ошибок и рекомендаций.

**В целях повышения эффективности образовательного процесса рекомендуется использовать:**

- мультимедийные презентации для визуализации материала;
- интерактивные методы обучения (деловые игры, дискуссии, разбор кейсов);
- дистанционные образовательные технологии;
- материалы, размещённые в системе дистанционного обучения Московского Политеха (СДО-LMS).

## 6.2. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Освоение дисциплины осуществляется при контактной работе с преподавателем и в процессе самостоятельной работы. Эффективное освоение предполагает регулярное посещение всех

видов аудиторных занятий, выполнение плана самостоятельной работы в полном объёме и прохождение аттестации в соответствии с календарным учебным графиком.

Студенту рекомендуется ознакомиться со списком основной и дополнительной литературы и взять в библиотеке необходимые издания. Доступ к информационным ресурсам организован в читальных залах библиотеки со стационарных ПЭВМ, либо с личного устройства через беспроводной доступ.

Изучение дисциплины должно сопровождаться интенсивной самостоятельной работой с рекомендованными источниками и материалами лекций. Начинать самостоятельные занятия следует с первого дня изучения дисциплины и проводить их регулярно.

Каждый студент должен самостоятельно планировать свою работу, исходя из возможностей и приоритетов. Для плодотворной работы важно организовать постоянное рабочее место, чередовать труд и отдых (перерывы каждые 1–2 часа).

Особое место уделяется консультированию как форме обучения и контроля. Консультирование предполагает взаимодействие между преподавателем и студентами, направленное на разрешение проблем.

**Для успешного освоения дисциплины рекомендуется:**

- систематически посещать лекции, вести конспект;
- готовиться к практическим занятиям заранее, изучая теорию и выполняя задания;
- при наличии лабораторных работ — выполнять их в соответствии с методическими указаниями, оформлять отчёты и готовиться к защите;
- своевременно выполнять задания для самостоятельной работы;
- активно участвовать в обсуждениях, задавать вопросы;
- использовать СДО-LMS для доступа к материалам и выполнения тестов;
- регулярно проверять свои знания с помощью вопросов для самопроверки.

**При подготовке к текущему контролю и промежуточной аттестации рекомендуется:**

- повторить теоретический материал по соответствующим разделам;
- выполнить практические задания, аналогичные разобранным на занятиях;
- ознакомиться с критериями оценивания;
- систематизировать материал, составить краткий план ответов;
- при необходимости посетить консультацию преподавателя.

Соблюдение данных рекомендаций позволит качественно освоить учебный материал и успешно пройти все формы контроля.

# 7. Фонд оценочных средств

## 7.1 Методы контроля и оценивания результатов обучения

Сформированность компетенций при изучении дисциплины определяется посредством оценки соответствия ответов и/или выполнения заданий заявленным индикаторам в рамках мероприятий текущего контроля и промежуточной аттестации (экзамена). Дисциплина «Инженерная механика в энергетическом машиностроении» является **формирующей** для компетенции **ОПК-3**, обеспечивая фундаментальные знания законов механики, методов анализа движения материальных тел и конструкций, расчёта механических нагрузок, необходимых для последующего расчётного обоснования и верификации проектируемых узлов и систем поршневых двигателей и турбомашин на третьем этапе сквозного проектирования.

В процессе изучения дисциплины оценивается сформированность следующих компетенций и индикаторов:

**ОПК-3. Способен применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач**

Индикаторы достижения компетенции:

- **ИОПК-3.1.** Умеет применять соответствующий физико-математический аппарат при решении профессиональных задач.
- **ИОПК-3.2.** Умеет применять методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач.

Дисциплина «Инженерная механика в энергетическом машиностроении» закладывает фундаментальную механическую базу для третьего этапа сквозного проекта «Расчётное обоснование, верификация и оптимизация», обеспечивая понимание законов движения и равновесия, необходимых для последующего динамического и прочностного анализа узлов и деталей двигателя. В ходе изучения дисциплины студент осваивает основные понятия и аксиомы статики, методы приведения систем сил, условия равновесия твёрдых тел, кинематику точки и твёрдого тела, плоскопараллельное движение, динамику материальной точки и механической системы, общие теоремы динамики, а также принцип Даламбера.

В процессе изучения дисциплины используются следующие методы контроля.

**Текущее (рубежное) тестирование по модулям**

Проводится после завершения изучения каждого из двух модулей дисциплины. Тестирование осуществляется в письменной или компьютерной форме и включает вопросы закрытого и открытого типа, а также расчётные задачи, направленные на проверку знаний основных понятий и законов статики, кинематики и динамики, методов расчёта реакций связей, кинематических характеристик движения, сил инерции, а также умения применять общие теоремы динамики для решения задач. Результаты тестирования используются для оценки уровня освоения материала модуля и определения готовности студента к дальнейшему обучению. Проверяемые индикаторы: ИОПК-3.1, ИОПК-3.2 (умение применять физико-математический аппарат и методы анализа).

**Устный опрос (собеседование)**

Проводится в ходе практических занятий для проверки понимания студентом теоретического материала, способности аргументированно излагать законы механики, методы расчёта равновесия и движения, анализировать механические системы. Устный опрос может быть как индивидуальным, так и фронтальным, и направлен на выявление глубины усвоения материала, умения применять полученные знания для решения профессиональных задач. В рамках сквозного проекта устный опрос позволяет оценить способность студента анализировать кинематику и динамику кривошипно-шатунного механизма. Проверяемые индикаторы: ИОПК-3.1, ИОПК-3.2.

**Практические занятия**

В ходе выполнения практических заданий (решение задач на определение реакций связей, приведение систем сил, кинематический анализ движения точки и твёрдого тела, кинетостатический анализ механизмов, применение общих теорем динамики) оценивается способность студента применять теоретические знания для решения конкретных профессиональных задач. Результаты выполнения практических заданий фиксируются в виде отчётов, которые защищаются студентом в устной форме. Практические занятия ориентированы на формирование навыков расчёта механических систем, необходимых для последующего динамического и прочностного анализа деталей двигателя. Проверяемые индикаторы: ИОПК-3.1, ИОПК-3.2.

**Индивидуальное задание в рамках сквозного проекта**

Индивидуальное задание в рамках сквозного проекта является одним из ключевых методов контроля, позволяющим оценить способность студента применять полученные теоретические знания и практические навыки для решения комплексной профессиональной задачи. Задание выполняется студентом самостоятельно в течение семестра и представляет собой разработку раздела сквозного проекта, связанного с кинематическим и динамическим анализом кривошипно-шатунного механизма (КШМ) проектируемого двигателя. Содержание индивидуального задания включает кинематический анализ КШМ (определение перемещения, скорости и ускорения поршня, угловой скорости и углового ускорения шатуна), определение сил, действующих в КШМ (силы давления газов, силы инерции), расчёт уравновешивающих масс. Индивидуальное задание выполняется в форме пояснительной записки объёмом 10–15 страниц с графическими зависимостями. Защита индивидуального задания проводится в форме презентации результатов перед преподавателем. Индивидуальное задание в рамках сквозного проекта позволяет комплексно оценить сформированность индикаторов ИОПК-3.1 и ИОПК-3.2.

**Экзамен**

Промежуточная аттестация проводится в форме экзамена по завершении изучения дисциплины. Экзамен позволяет комплексно оценить знания, умения и навыки студента по всем разделам дисциплины. Экзаменационный билет включает два теоретических вопроса (по статике,

кинематике или динамике) и одно практическое задание (расчётная задача). Результаты экзамена определяют итоговую оценку по дисциплине и отражают степень сформированности знаний, необходимых для выполнения третьего этапа сквозного проекта «Расчётное обоснование, верификация и оптимизация». Проверяемые индикаторы: ИОПК-3.1, ИОПК-3.2.

**Роль дисциплины в оценке результатов сквозного проекта**

Дисциплина «Инженерная механика в энергетическом машиностроении» формирует фундаментальные знания, необходимые для выполнения третьего этапа сквозного проекта — «Расчётное обоснование, верификация и оптимизация». В рамках этого этапа студент должен выполнить кинематический и динамический анализ кривошипно-шатунного механизма проектируемого двигателя, определить силы, действующие на детали, подготовить исходные данные для последующего прочностного расчёта. Результаты освоения дисциплины оцениваются в ходе защиты индивидуального задания и отчёта по третьему этапу сквозного проекта. Оценка сформированности компетенции ОПК-3 по дисциплине учитывается при подведении итогов выполнения сквозного проекта в целом, так как знания механики являются основой для всех последующих расчётов прочности, жёсткости и динамики деталей двигателя.

## 7.2 Шкала и критерии оценивания результатов обучения

### 7.2.1 Критерии оценки текущего (рубежного) тестирования по модулям

Текущее (рубежное) тестирование проводится после завершения изучения каждого модуля. Тест состоит из 20 заданий различного типа (выбор правильного ответа, установление соответствия, краткий ответ, расчётная задача). Каждое верно выполненное задание оценивается в 1 балл. Максимальное количество баллов за тест — 20.

Оценка «зачтено» выставляется студенту, если выполнено верно более 75% заданий теста (набрано более 15 баллов). Студент, получивший «зачтено», демонстрирует достаточное знание теоретического материала модуля, владеет основными понятиями и законами статики, кинематики и динамики, умеет решать типовые задачи на равновесие, определение кинематических характеристик, применение общих теорем динамики. Это свидетельствует о сформированности на пороговом уровне индикаторов ИОПК-3.1 и ИОПК-3.2 в части теоретических основ инженерной механики.

Оценка «не зачтено» выставляется студенту, если выполнено верно менее 75% заданий теста (набрано 15 баллов и менее). Студент, получивший «не зачтено», не владеет основным материалом модуля, допускает грубые ошибки в определении реакций связей, кинематических характеристик, не может применить законы динамики. Студент обязан ликвидировать задолженность по модулю до прохождения следующего рубежного контроля.

### 7.2.2 Критерии оценки итогового тестирования по курсу

Итоговое тестирование проводится после завершения изучения всех модулей. Тест состоит из 30 заданий, охватывающих весь материал дисциплины. Каждое верно выполненное задание оценивается в 1 балл. Максимальное количество баллов — 30.

Оценка «отлично» выставляется студенту, набравшему от 29 до 30 баллов (97–100% правильных ответов). Студент демонстрирует системные теоретические знания по всем разделам дисциплины, уверенно решает задачи на равновесие, кинематику и динамику, владеет профессиональной терминологией. Сформированность индикаторов ИОПК-3.1 и ИОПК-3.2 оценивается на продвинутом уровне, что позволяет студенту успешно выполнить раздел сквозного проекта, связанный с кинематическим и динамическим анализом.

Оценка «хорошо» выставляется студенту, набравшему от 24 до 28 баллов (80–97% правильных ответов). Студент в целом демонстрирует системные теоретические знания, владеет большинством терминов, но допускает отдельные неточности в сложных задачах, связанных с плоскопараллельным движением или применением общих теорем динамики. Сформированность индикаторов оценивается на базовом уровне, достаточном для выполнения сквозного проекта.

Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, набравшему от 18 до 23 баллов (60–80% правильных ответов). Студент демонстрирует знание основного материала, но допускает

ошибки в деталях, испытывает затруднения при решении задач на движение механических систем, не в полной мере владеет профессиональной терминологией. Сформированность индикаторов оценивается на пороговом уровне, что требует дополнительной работы для успешного выполнения сквозного проекта.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, набравшему от 0 до 17 баллов (менее 60% правильных ответов). Студент не демонстрирует системных знаний, не владеет основными понятиями, не может решать задачи на равновесие и движение, допускает грубые ошибки. Сформированность индикаторов не достигла порогового уровня, что делает невозможным выполнение раздела сквозного проекта по кинематическому и динамическому анализу без дополнительной подготовки.

**7.2.3 Критерии оценки устного опроса (собеседования)**

Оценка «отлично» выставляется студенту, который глубоко и прочно усвоил материал, исчерпывающе и логически стройно его излагает. Студент демонстрирует полное знание основных понятий и аксиом статики, методов приведения систем сил, условий равновесия, кинематики точки и твёрдого тела, плоскопараллельного движения, динамики материальной точки и механической системы, общих теорем динамики, принципа Даламбера. Уверенно и аргументированно отвечает на дополнительные вопросы, свободно владеет профессиональной терминологией. В контексте сквозного проекта такой уровень подготовки позволяет студенту самостоятельно выполнять кинематический и динамический анализ кривошипно-шатунного механизма.

Оценка «хорошо» выставляется студенту, который твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей. Студент владеет основными понятиями и методами, умеет решать типовые задачи, но может испытывать затруднения при ответе на уточняющие вопросы или при объяснении сложных разделов (плоскопараллельное движение, общие теоремы динамики). В целом демонстрирует хорошее владение профессиональной терминологией.

Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, который имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей. Студент допускает неточности и ошибки в изложении, испытывает затруднения при решении задач, обладает фрагментарными знаниями. Ответы на дополнительные вопросы даются с трудом, требуют наводящих вопросов. Профессиональная терминология используется недостаточно уверенно.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части материала, допускает грубые ошибки в изложении, не может решать задачи на равновесие и движение. Отсутствует понимание законов механики. Не способен ответить на дополнительные вопросы, не владеет профессиональной терминологией. Студент не готов к выполнению раздела сквозного проекта по кинематическому и динамическому анализу.

**7.2.4 Критерии оценки практических занятий**

Оценка «зачтено» выставляется студенту, который выполнил практическое задание правильно, в установленные сроки. Студент продемонстрировал понимание методики решения задачи, способность применять теоретические знания для определения реакций связей, кинематических характеристик, сил инерции, применения общих теорем динамики. При защите студент аргументирует полученные результаты, отвечает на уточняющие вопросы, демонстрирует владение профессиональной терминологией. В рамках сквозного проекта успешное выполнение практических заданий позволяет студенту овладеть методами расчёта, необходимыми для кинематического и динамического анализа КШМ.

Оценка «не зачтено» выставляется студенту, который не выполнил практическое задание, выполнил его не в полном объёме, или выполнил с грубыми ошибками. Студент не понимает методику решения, не может объяснить полученные результаты, не отвечает на вопросы по существу задания, не владеет профессиональной терминологией. Студент обязан выполнить практическое задание повторно в установленные преподавателем сроки.

**7.2.5 Критерии оценки индивидуального задания в рамках сквозного проекта**

Оценка «отлично» выставляется студенту, который полностью выполнил индивидуальное задание в соответствии с требованиями. Студент демонстрирует глубокое понимание кинематики и динамики КШМ, самостоятельно выполняет расчёт перемещения, скорости и ускорения

поршня, определяет силы давления газов и силы инерции, рассчитывает уравновешивающие массы. Графические зависимости построены корректно, пояснительная записка оформлена в соответствии с требованиями. При защите студент свободно владеет материалом, аргументированно отвечает на вопросы, демонстрирует понимание взаимосвязи между кинематическими параметрами и динамическими нагрузками. Сформированность индикаторов ИОПК-3.1 и ИОПК-3.2 оценивается на продвинутом уровне.

Оценка «хорошо» выставляется студенту, который выполнил индивидуальное задание в полном объёме, но допускает отдельные неточности в расчётах или незначительные ошибки в построении графиков. Студент демонстрирует понимание методов кинематического и динамического анализа, но может испытывать затруднения при объяснении физического смысла полученных результатов. Пояснительная записка оформлена в соответствии с требованиями, но содержит незначительные замечания. При защите студент в целом отвечает на вопросы, но может допускать неточности. Сформированность индикаторов оценивается на базовом уровне.

Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, который выполнил индивидуальное задание, но допустил существенные ошибки в расчётах или не полностью выполнил требуемые разделы. Студент демонстрирует фрагментарные знания кинематики и динамики, испытывает значительные затруднения при определении сил инерции. Пояснительная записка оформлена с нарушениями требований. При защите студент отвечает на вопросы неуверенно, требует наводящих вопросов. Сформированность индикаторов оценивается на пороговом уровне.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не выполнил индивидуальное задание, выполнил его не в полном объёме или допустил грубые ошибки. Студент не демонстрирует понимания методов кинематического и динамического анализа, не может определить силы, действующие в КШМ. Пояснительная записка отсутствует или оформлена с грубыми нарушениями. При защите студент не отвечает на вопросы, не владеет профессиональной терминологией. Сформированность индикаторов не достигла порогового уровня. Студент обязан выполнить индивидуальное задание повторно в установленные преподавателем сроки.

**7.2.6 Критерии оценки ответа на экзамене**

Оценка «отлично» выставляется студенту, который глубоко и прочно усвоил программный материал по всем разделам, исчерпывающе и логически стройно излагает ответы на теоретические вопросы. Студент демонстрирует полное знание основных понятий и аксиом статики, методов приведения систем сил, условий равновесия, кинематики точки и твёрдого тела, плоскопараллельного движения, динамики материальной точки и механической системы, общих теорем динамики, принципа Даламбера. Уверенно и без ошибок выполняет практическое задание (расчётную задачу), аргументирует последовательность решения, делает обоснованные выводы. Даёт полные ответы на дополнительные вопросы, свободно владеет профессиональной терминологией. Сформированность индикаторов ИОПК-3.1 и ИОПК-3.2 оценивается на продвинутом уровне, что подтверждает готовность студента к выполнению третьего этапа сквозного проекта.

Оценка «хорошо» выставляется студенту, который твердо знает материал, грамотно и по существу излагает ответы на теоретические вопросы, не допуская существенных неточностей. Студент владеет основными понятиями и методами, умеет решать типовые задачи. Выполняет практическое задание в целом правильно, но может испытывать затруднения при обосновании отдельных этапов. На дополнительные вопросы отвечает в целом правильно, но допускает несущественные ошибки. Сформированность индикаторов оценивается на базовом уровне.

Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, который имеет знания только основного материала, допускает неточности и ошибки в изложении теоретических вопросов. Студент обладает фрагментарными знаниями по отдельным разделам. Выполняет практическое задание с помощью наводящих вопросов или допускает ошибки в расчётах. Ответы на дополнительные вопросы даются с трудом, профессиональная терминология используется недостаточно уверенно. Сформированность индикаторов оценивается на пороговом уровне.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает грубые ошибки в изложении теоретических вопросов. Студент не может выполнить практическое задание или выполняет его с грубыми ошибками, не

понимает сути задания. Не способен ответить на дополнительные вопросы, не владеет профессиональной терминологией. Сформированность индикаторов не достигла порогового уровня, что делает невозможным выполнение третьего этапа сквозного проекта.

**7.2.7 Соответствие методов контроля проверяемым индикаторам компетенций**

В процессе изучения дисциплины оценивается сформированность знаний и навыков, необходимых для освоения индикаторов компетенции **ОПК-3**. Дисциплина является формирующей для указанной компетенции.

| Индикатор | Формируемые навыки | Методы контроля |
|---|---|---|
| **ИОПК-3.1** | Умеет применять соответствующий физико-математический аппарат (векторная алгебра, дифференциальное и интегральное исчисление) при решении профессиональных задач | Текущее тестирование, устный опрос, практические занятия, индивидуальное задание, экзамен |
| **ИОПК-3.2** | Умеет применять методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач (кинематический и динамический анализ механических систем) | Текущее тестирование, устный опрос, практические занятия, индивидуальное задание, экзамен |

Оценка сформированности знаний и навыков осуществляется комплексно с использованием всех методов контроля. Результаты текущего и итогового тестирования, устных опросов, выполнения практических заданий, защиты индивидуального задания в рамках сквозного проекта, а также экзамена учитываются при формировании итоговой оценки по дисциплине и оценке выполнения третьего этапа сквозного проекта. Дисциплина «Инженерная механика в энергетическом машиностроении» закладывает содержательную основу для последующего формирования компетенций на этапах расчётного обоснования, верификации и оптимизации, обеспечивая студента знаниями и навыками, необходимыми для кинематического и динамического анализа механизмов, определения нагрузок на детали, а также для понимания физических процессов, лежащих в основе работы двигателей.

## 7.3 Оценочные средства

### 7.3.1 Текущий контроль

#### 7.3.1.1 Модульная структура дисциплины

Дисциплина изучается в 3-м семестре. Семестр делится на два равных модуля (периода), каждый из которых включает определённые темы.

**Модуль 1 (недели 1–8) — Статика и кинематика**

Включает темы: Тема 1. Введение. Основные понятия и аксиомы статики; Тема 2. Система сходящихся сил. Момент силы относительно точки и оси; Тема 3. Плоская система сил. Равновесие твёрдых тел; Тема 4. Пространственная система сил; Тема 5. Кинематика точки. Способы задания движения; Тема 6. Кинематика твёрдого тела. Поступательное и вращательное движение.

**Модуль 2 (недели 9–16) — Плоскопараллельное движение и динамика**

Включает темы: Тема 7. Плоскопараллельное движение твёрдого тела; Тема 8. Динамика материальной точки. Законы динамики; Тема 9. Динамика механической системы. Общие теоремы динамики.

#### 7.3.1.2 Рубежный контроль по модулям (устный опрос/собеседование)

**Модуль 1. Статика и кинематика**

**Перечень вопросов для собеседования:**

1. Предмет теоретической механики и её место среди естественнонаучных и профессиональных дисциплин. Роль теоретической механики в формировании инженерного мышления и как фундамента для расчётного обоснования при проектировании двигателей.

2. Абсолютно твёрдое тело, материальная точка, механическая система. Сила как вектор. Система сил. Эквивалентные системы сил. Равнодействующая и уравновешивающая силы.

3. Аксиомы статики. Связи и реакции связей. Классификация связей. Принцип освобождаемости от связей.

4. Геометрический и аналитический способы сложения сил. Силовой многоугольник. Условие равновесия системы сходящихся сил в геометрической и аналитической формах.

5. Проекция силы на ось и на плоскость. Теорема о трёх силах. Момент силы относительно точки как вектор. Момент силы относительно оси.

6. Связь между моментом силы относительно точки и оси. Теорема Вариньона о моменте равнодействующей.

7. Приведение плоской системы сил к данному центру. Главный вектор и главный момент. Частные случаи приведения.

8. Уравнения равновесия для различных видов плоских систем сил (произвольная, система параллельных сил).

9. Определение реакций опор балок, рам, арок. Равновесие системы сочленённых тел.

10. Распределённые нагрузки и их равнодействующие. Трение скольжения и трение качения. Законы Кулона.

11. Угол и конус трения. Равновесие при наличии трения. Примеры из практики: расчёт реакций в опорах коленчатого вала.

12. Момент силы относительно оси (повторение и углубление). Приведение пространственной системы сил к центру. Уравнения равновесия пространственной системы сил.

13. Предмет кинематики. Основные понятия: траектория, путь, время, система отсчёта. Векторный, координатный и естественный способы задания движения точки.

14. Скорость и ускорение точки при различных способах задания движения. Касательное и нормальное ускорение.

15. Поступательное движение твёрдого тела: свойства, траектории, скорости и ускорения точек.

16. Вращательное движение твёрдого тела вокруг неподвижной оси. Угловая скорость и угловое ускорение. Скорости и ускорения точек вращающегося тела.

17. Передача вращательного движения (ременные, зубчатые передачи). Передаточное отношение. Примеры: вращение коленчатого вала, маховика, ротора турбины.

**Модуль 2. Плоскопараллельное движение и динамика**

**Перечень вопросов для собеседования:**

1. Определение плоскопараллельного (плоского) движения. Разложение плоского движения на поступательное и вращательное. Уравнения плоского движения.

2. Скорости точек плоской фигуры. Теорема о скоростях точек плоской фигуры. Мгновенный центр скоростей (МЦС). Способы нахождения МЦС.

3. Определение скоростей точек с помощью МЦС. Понятие об ускорениях точек при плоском движении. Теорема об ускорениях.

4. Применение к анализу движения шатуна в кривошипно-шатунном механизме.

5. Предмет динамики. Основные понятия: масса, сила, инерция. Законы динамики Галилея-Ньютона.

6. Дифференциальные уравнения движения материальной точки в декартовых координатах и в проекциях на оси естественного трёхгранника.

7. Две основные задачи динамики. Относительное движение материальной точки. Силы инерции. Принцип Даламбера для материальной точки.

8. Механическая система. Классификация сил: внешние и внутренние. Свойства внутренних сил.

9. Центр масс механической системы и его свойства. Моменты инерции твёрдого тела относительно оси и относительно точки.

10. Радиус инерции. Теорема Гюйгенса-Штейнера. Вычисление моментов инерции простых тел (стержень, диск, цилиндр, шар).

11. Общие теоремы динамики системы: теорема о движении центра масс, теорема об изменении количества движения.

12. Теорема об изменении кинетического момента. Теорема об изменении кинетической энергии.

13. Закон сохранения механической энергии. Принцип Даламбера для механической системы.

14. Главный вектор и главный момент сил инерции. Применение общих теорем для анализа движения кривошипно-шатунного механизма и вращающихся масс.

**7.3.1.3 Рубежный контроль по модулям (тестирование)**

Тестирование проводится после завершения изучения каждого модуля. Тест состоит из 20 заданий различного типа (выбор правильного ответа, установление соответствия, краткий ответ, расчётная задача). Каждое верно выполненное задание оценивается в 1 балл. Максимальное количество баллов за тест — 20. Оценка «зачтено» выставляется при выполнении верно более 75% заданий (более 15 баллов).

**Пример тестовых заданий (один вариант)**

1. **Какая из перечисленных систем сил является системой сходящихся сил?**
   - A) Силы, линии действия которых параллельны
   - B) Силы, линии действия которых пересекаются в одной точке
   - C) Силы, произвольно расположенные на плоскости
   - D) Силы, образующие пару

*Правильный ответ: B*

2. **Как определяется момент силы относительно точки?**
   - A) Произведение модуля силы на плечо
   - B) Произведение модуля силы на проекцию
   - C) Сумма проекций силы на оси координат
   - D) Векторное произведение радиуса-вектора на вектор силы

*Правильный ответ: D*

3. **Какое движение точки называется равномерным?**
   - A) Движение с постоянным ускорением
   - B) Движение с постоянной скоростью
   - C) Движение с переменной скоростью
   - D) Движение по окружности

*Правильный ответ: B*

4. **Что называется мгновенным центром скоростей?**
   - A) Точка, скорость которой равна нулю
   - B) Точка, ускорение которой равна нулю
   - C) Точка, скорость которой максимальна
   - D) Точка, скорость которой равна скорости полюса

*Правильный ответ: A*

5. **Какая теорема выражает зависимость между моментом инерции относительно произвольной оси и моментом инерции относительно центральной оси?**
   - A) Теорема Вариньона
   - B) Теорема Гюйгенса-Штейнера
   - C) Теорема о движении центра масс
   - D) Теорема об изменении кинетической энергии

*Правильный ответ: B*

**7.3.1.4 Оценочные средства для индивидуального задания в рамках сквозного проекта**

Индивидуальное задание в рамках сквозного проекта является одним из ключевых методов контроля, позволяющим оценить способность студента применять полученные теоретические знания и практические навыки для решения комплексной профессиональной задачи. Задание выполняется студентом самостоятельно в течение семестра и представляет собой разработку раздела сквозного проекта, связанного с кинематическим и динамическим анализом кривошипно-шатунного механизма (КШМ) проектируемого двигателя.

**Содержание индивидуального задания:**

Индивидуальное задание включает в себя выполнение следующих этапов:

1. **Кинематический анализ КШМ.** Для заданного центрального кривошипно-шатунного механизма с параметрами: радиус кривошипа R, длина шатуна L, частота вращения коленчатого вала n (или угловая скорость ω) выполняется:
   - определение перемещения поршня в зависимости от угла поворота коленчатого вала φ;
   - определение скорости поршня;
   - определение ускорения поршня;
   - определение угловой скорости и углового ускорения шатуна;
   - построение графиков перемещения, скорости и ускорения поршня в зависимости от угла поворота коленчатого вала.
2. **Определение сил, действующих в КШМ.** На основе заданной индикаторной диаграммы (или её аналитической аппроксимации) и результатов кинематического анализа определяются:
   - сила давления газов на поршень;
   - силы инерции возвратно-поступательно движущихся масс;
   - силы инерции вращающихся масс;
   - суммарная сила, действующая на поршневой палец;
   - нормальная сила, действующая на стенку цилиндра;
   - сила, действующая вдоль шатуна;
   - тангенциальная и радиальная составляющие силы, действующей на шатунную шейку.
3. **Расчёт уравновешивающих масс.** Определяются неуравновешенные силы инерции и моменты. Рассчитываются массы противовесов для уравновешивания вращающихся масс и (при необходимости) сил инерции первого порядка.
4. **Подготовка отчёта.** Выполняется пояснительная записка, в которой описываются методики расчёта, приводятся расчётные формулы, таблицы результатов, графики зависимостей, делаются выводы о характере нагружения деталей КШМ.

**Требования к оформлению:**

Индивидуальное задание выполняется в форме пояснительной записки объёмом 10–15 страниц, включающей:

- титульный лист с указанием темы задания, ФИО студента, группы, руководителя;
- содержание;
- введение с обоснованием актуальности кинематического и динамического анализа КШМ;
- основную часть, содержащую кинематический анализ, определение сил, расчёт уравновешивающих масс;
- графики зависимостей (выполняются на миллиметровой бумаге или с использованием компьютерных средств);
- заключение с выводами по результатам выполненной работы;
- список использованных источников.

**Примерные исходные данные для индивидуального задания:**

Студент получает индивидуальные параметры двигателя:

- радиус кривошипа R (мм);
- длина шатуна L (мм);
- частота вращения коленчатого вала n (об/мин);
- масса поршневой группы mп (кг);
- масса шатуна mш (кг), с указанием положения центра масс;
- индикаторная диаграмма в координатах p-V или аналитическая зависимость давления газов от угла поворота коленчатого вала.

**7.3.1.5 Оценочные средства для практических занятий**

**Типовые задания для практических занятий**

**Модуль 1. Статика и кинематика**

**Задание 1. Определение реакций связей. Решение задач на равновесие тела под действием плоской системы сил**

Для заданной балки (рамы) определить реакции опор. Схема балки, нагрузки и размеры задаются индивидуально.

**Задание 2. Геометрический и аналитический способы сложения сходящихся сил**

Для системы сходящихся сил, заданных модулями и направлениями, определить равнодействующую геометрическим и аналитическим способами.

**Задание 3. Определение моментов сил относительно точки и оси. Применение теоремы Вариньона**

Для заданной пространственной системы сил определить моменты относительно координатных осей.

**Задание 4. Приведение плоской системы сил к центру. Определение главного вектора и главного момента**

Для заданной плоской системы сил определить главный вектор и главный момент относительно заданного центра.

**Задание 5. Расчёт реакций опор балок и рам**

Для заданной статически определимой балки (рамы) определить реакции опор аналитическим способом.

**Задание 6. Равновесие сочленённых систем. Расчёт составных конструкций**

Для составной конструкции (например, рама с шарнирным соединением) определить реакции опор и усилия в шарнирах.

**Задание 7. Равновесие при наличии трения скольжения и качения**

Для заданного тела на наклонной плоскости определить условие равновесия с учётом трения. Для колеса определить момент, необходимый для начала качения.

**Задание 8. Решение задач на равновесие пространственной системы сил**

Для заданной пространственной конструкции (вал с насаженными деталями) определить реакции опор.

**Задание 9. Определение траектории, скорости и ускорения точки при различных способах задания движения**

Для точки, движущейся по заданному закону, определить траекторию, скорость и ускорение в заданный момент времени.

**Задание 10. Кинематический анализ вращательного движения твёрдого тела**

Для тела, вращающегося по заданному закону, определить угловую скорость, угловое ускорение, скорость и ускорение точки на заданном расстоянии от оси вращения.

**Задание 11. Кинематический анализ передач вращательного движения (зубчатых, ременных)**

Для заданной многоступенчатой зубчатой передачи определить передаточное отношение, частоты вращения валов.

**Модуль 2. Плоскопараллельное движение и динамика**

**Задание 12. Определение скоростей точек плоской фигуры с помощью мгновенного центра скоростей**

Для заданного плоского механизма (например, кривошипно-шатунный механизм) определить скорости точек с помощью МЦС.

**Задание 13. Кинематический анализ кривошипно-шатунного механизма**

Для заданного КШМ определить перемещение, скорость и ускорение поршня аналитическим и графоаналитическим методами. Построить графики.

**Задание 14. Решение прямой и обратной задач динамики материальной точки**

Для материальной точки, движущейся под действием заданных сил, определить закон движения (прямая задача) или определить силу по заданному закону движения (обратная задача).

**Задание 15. Применение принципа Даламбера для материальной точки**

Для точки, движущейся по заданной траектории, определить силу инерции и применить принцип Даламбера.

**Задание 16. Вычисление моментов инерции тел. Применение теоремы Гюйгенса-Штейнера**

Для заданного тела (стержень, диск, цилиндр) вычислить момент инерции относительно заданной оси, в том числе с использованием теоремы Гюйгенса-Штейнера.

**Задание 17. Применение теоремы об изменении кинетической энергии к механической системе**

Для заданной механической системы (например, система с грузами и блоками) определить скорость груза или угловую скорость блока, используя теорему об изменении кинетической энергии.

**Задание 18. Применение принципа Даламбера для механической системы. Определение динамических реакций**

Для заданного вращающегося вала с насаженными массами определить реакции опор с учётом сил инерции.

**7.3.1.6 Оценочные средства для курсовой работы (проекта)**

Курсовой проект (курсовая работа) по дисциплине не предусмотрены учебным планом. Результаты освоения дисциплины используются при выполнении последующих курсовых проектов по профильным дисциплинам (Б1.1.12, Б1.1.22, Б1.2.4, Б1.2.8) и в выпускной квалификационной работе для кинематического и динамического анализа КШМ.

**7.3.2 Промежуточная аттестация (экзамен)**

**7.3.2.1 Условия допуска к экзамену**

Студент допускается к сдаче экзамена при выполнении следующих условий:

- Успешное прохождение всех двух рубежных контролей (устных опросов по модулям) с оценкой не ниже «удовлетворительно».
- Выполнение и защита всех практических занятий (не менее 80% заданий выполнены и защищены).
- Выполнение и защита индивидуального задания в рамках сквозного проекта (кинематический и динамический анализ КШМ) с оценкой не ниже «удовлетворительно».
- Отсутствие академической задолженности по дисциплине.

**7.3.2.2 Структура экзаменационного билета**

Экзаменационный билет состоит из двух теоретических вопросов (по одному из каждого модуля) и одного практического задания (расчётная задача).

Структура билета:

- **Вопрос 1** (Модуль 1): Статика или кинематика точки и простейших движений твёрдого тела.
- **Вопрос 2** (Модуль 2): Плоскопараллельное движение или динамика.
- **Задание 3**: Расчётная задача (определение реакций связей, кинематических характеристик, сил инерции, применение общих теорем динамики).

**7.3.2.3 Типовые экзаменационные билеты**

**Экзаменационный билет №1**

**Вопрос 1 (Модуль 1)**

Плоская система сил. Приведение плоской системы сил к данному центру. Главный вектор и главный момент. Уравнения равновесия для произвольной плоской системы сил.

**Вопрос 2 (Модуль 2)**

Общие теоремы динамики системы: теорема о движении центра масс, теорема об изменении количества движения, теорема об изменении кинетического момента, теорема об изменении кинетической энергии. Закон сохранения механической энергии.

**Задание 3**

Для балки, изображённой на схеме, определить реакции опор. Балка имеет длину 6 м, на неё действуют: сосредоточенная сила F = 10 кН в середине пролёта, распределённая нагрузка q = 5 кН/м на левой половине балки, сосредоточенный момент M = 8 кН·м на правом конце. Опоры: шарнирно-неподвижная на левом конце, шарнирно-подвижная на правом.

**Экзаменационный билет №2**

**Вопрос 1 (Модуль 1)**

Кинематика точки. Векторный, координатный и естественный способы задания движения точки. Скорость и ускорение точки. Касательное и нормальное ускорение.

**Вопрос 2 (Модуль 2)**

Плоскопараллельное движение твёрдого тела. Разложение плоского движения на поступательное и вращательное. Скорости точек плоской фигуры. Мгновенный центр скоростей (МЦС). Способы нахождения МЦС.

**Задание 3**

Кривошипно-шатунный механизм имеет радиус кривошипа $R = 0{,}1$ м, длину шатуна $L = 0{,}3$ м. Кривошип вращается с постоянной угловой скоростью $\omega = 20$ рад/с. Определить скорость и ускорение поршня при угле поворота кривошипа $\varphi = 90°$.

**Экзаменационный билет №3**

**Вопрос 1 (Модуль 1)**

Трение скольжения и трение качения. Законы Кулона. Угол и конус трения. Равновесие при наличии трения. Примеры из практики.

**Вопрос 2 (Модуль 2)**

Динамика материальной точки. Дифференциальные уравнения движения материальной точки в декартовых координатах и в проекциях на оси естественного трёхгранника. Две основные задачи динамики.

**Задание 3**

Материальная точка массой $m = 2$ кг движется по прямой под действием силы $F = 4t$ (Н). В начальный момент времени $t = 0$ скорость точки $v0 = 2$ м/с. Определить скорость точки в момент времени $t = 3$ с.

**7.3.2.4 Полный перечень теоретических вопросов к экзамену по каждой теме**

**Модуль 1. Статика и кинематика**

1. Предмет теоретической механики и её место среди естественнонаучных и профессиональных дисциплин. Роль теоретической механики в формировании инженерного мышления и как фундамента для расчётного обоснования при проектировании двигателей.
2. Абсолютно твёрдое тело, материальная точка, механическая система. Сила как вектор. Система сил. Эквивалентные системы сил. Равнодействующая и уравновешивающая силы.
3. Аксиомы статики. Связи и реакции связей. Классификация связей. Принцип освобождаемости от связей.
4. Геометрический и аналитический способы сложения сил. Силовой многоугольник. Условие равновесия системы сходящихся сил в геометрической и аналитической формах.
5. Проекция силы на ось и на плоскость. Теорема о трёх силах. Момент силы относительно точки как вектор. Момент силы относительно оси.
6. Связь между моментом силы относительно точки и оси. Теорема Вариньона о моменте равнодействующей.
7. Приведение плоской системы сил к данному центру. Главный вектор и главный момент. Частные случаи приведения.
8. Уравнения равновесия для различных видов плоских систем сил (произвольная, система параллельных сил).
9. Определение реакций опор балок, рам, арок. Равновесие системы сочленённых тел.
10. Распределённые нагрузки и их равнодействующие. Трение скольжения и трение качения. Законы Кулона.
11. Угол и конус трения. Равновесие при наличии трения. Примеры из практики: расчёт реакций в опорах коленчатого вала.
12. Момент силы относительно оси (повторение и углубление). Приведение пространственной системы сил к центру. Уравнения равновесия пространственной системы сил.
13. Предмет кинематики. Основные понятия: траектория, путь, время, система отсчёта. Векторный, координатный и естественный способы задания движения точки.
14. Скорость и ускорение точки при различных способах задания движения. Касательное и нормальное ускорение.

15. Поступательное движение твёрдого тела: свойства, траектории, скорости и ускорения точек.

16. Вращательное движение твёрдого тела вокруг неподвижной оси. Угловая скорость и угловое ускорение. Скорости и ускорения точек вращающегося тела.

17. Передача вращательного движения (ременные, зубчатые передачи). Передаточное отношение. Примеры: вращение коленчатого вала, маховика, ротора турбины.

**Модуль 2. Плоскопараллельное движение и динамика**

18. Определение плоскопараллельного (плоского) движения. Разложение плоского движения на поступательное и вращательное. Уравнения плоского движения.

19. Скорости точек плоской фигуры. Теорема о скоростях точек плоской фигуры. Мгновенный центр скоростей (МЦС). Способы нахождения МЦС.

20. Определение скоростей точек с помощью МЦС. Понятие об ускорениях точек при плоском движении. Теорема об ускорениях.

21. Применение к анализу движения шатуна в кривошипно-шатунном механизме.

22. Предмет динамики. Основные понятия: масса, сила, инерция. Законы динамики Галилея-Ньютона.

23. Дифференциальные уравнения движения материальной точки в декартовых координатах и в проекциях на оси естественного трёхгранника.

24. Две основные задачи динамики. Относительное движение материальной точки. Силы инерции. Принцип Даламбера для материальной точки.

25. Механическая система. Классификация сил: внешние и внутренние. Свойства внутренних сил.

26. Центр масс механической системы и его свойства. Моменты инерции твёрдого тела относительно оси и относительно точки.

27. Радиус инерции. Теорема Гюйгенса-Штейнера. Вычисление моментов инерции простых тел (стержень, диск, цилиндр, шар).

28. Общие теоремы динамики системы: теорема о движении центра масс, теорема об изменении количества движения.

29. Теорема об изменении кинетического момента. Теорема об изменении кинетической энергии.

30. Закон сохранения механической энергии. Принцип Даламбера для механической системы.

31. Главный вектор и главный момент сил инерции. Применение общих теорем для анализа движения кривошипно-шатунного механизма и вращающихся масс.