Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Максимов Алексей Борисович
Должность: директор департамента по образовательной политике
Дата подписания: 13.08.2026 10:18:29
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 МАШИН И МЕХАНИЗМОВ

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., проффесор  /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 изчения дисциплины 6
3.3. Содержание дисциплины 7
3.4. Тематика семинарских/практических и лабораторных занятий 9
3.4.1. Семинарские/практические занятия 9
3.4.2. Лабораторные занятия 10
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 11
4.3. Дополнительная литература 12
4.4. Электронные образовательные ресурсы 12
4.5. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение 12
4.6. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы 12
5. Материально-техническое обеспечение 13
6. Методические рекомендации 13
6.1. Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения 13
6.2. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины 14
7. Фонд оценочных средств 15
7.1 Методы контроля и оценивания результатов обучения 15
7.2 Шкала и критерии оценивания результатов обучения 17
7.3 Оценочные средства 21

1. Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине

Целью освоения дисциплины является формирование у обучающихся фундаментальных знаний и методик структурного, кинематического и динамического анализа и синтеза механизмов, а также основ проектирования механических систем, необходимых для расчётного обоснования, анализа работы и оптимизации узлов и механизмов поршневых двигателей и турбомашин на третьем этапе сквозного проектирования.

Задачами дисциплины являются:

- изучение основных видов механизмов, их структурного состава и классификации кинематических пар и цепей;
- освоение методов структурного, кинематического и динамического анализа рычажных, кулачковых, зубчатых и других типов механизмов;
- формирование навыков определения кинематических характеристик (перемещений, скоростей, ускорений) звеньев механизмов аналитическими и графическими методами;
- изучение методов силового расчёта механизмов с учётом сил инерции, трения и полезных сопротивлений;
- приобретение навыков оценки коэффициента полезного действия механизмов и учёта трения в кинематических парах;
- освоение основ динамики машин, включая анализ движения механизмов под действием приложенных сил, определение маховых моментов и уравновешивание вращающихся масс;
- формирование понимания методов синтеза механизмов по заданным кинематическим и динамическим характеристикам применительно к узлам поршневых двигателей (кривошипно-шатунный механизм, газораспределительный механизм).

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 **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 анализа механизмов для кинематического и динамического расчёта элементов конструкций энергетических установок. В ходе практических занятий и выполнения индивидуального задания студенты осваивают физико-математический аппарат (векторная алгебра, дифференциальное и интегральное исчисление), методы структурного, кинематического и динамического 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 машин и механизмов»** относится к **обязательной части блока Б.1** учебного плана (код дисциплины: Б1.1.21) и изучается в **4-м семестре**.

Данная дисциплина обеспечивает **третий этап сквозного проекта «Расчётное обоснование, верификация и оптимизация»**, формируя у обучающихся понимание закономерностей движения механических систем и методов их анализа, необходимых для последующего проектирования и расчёта узлов поршневых двигателей (кривошипно-шатунного и газораспределительного механизмов).

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 динамики механизмов.
- **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 кинематического и динамического анализа.
- **Инженерная механика в энергетическом машиностроении** (Б1.1.16, 3 семестр): знание общих законов статики, кинематики и динамики точки и твёрдого тела является основой для изучения движения механических систем со связями.
- **Графическое проектирование деталей и механизмов энергетических машин** (Б1.1.9, 1-2 семестры): умение читать и выполнять чертежи, понимание конструктивных форм деталей необходимо для анализа кинематических схем механизмов.

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

- **Динамический расчет поршневых двигателей** (Б1.2.4, 5 семестр): непосредственно базируется на методах кинематического и силового анализа кривошипно-шатунного механизма (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 выполнять кинематический и динамический анализ проектируемых механизмов (III этап).
- **Расчет и оптимизация деталей двигателя** (Б1.2.9, 6 семестр): использует результаты динамического анализа как граничные условия для прочностных расчётов (III этап).
- **Системы поршневых двигателей** (Б1.2.5, 5 семестр) и **Агрегаты наддува** (Б1.2.7, 6 семестр): понимание работы механических систем необходимо для анализа приводов вспомогательных агрегатов.
- **Виброакустика на транспорте** (Б1.2.11, 7 семестр) и **Снижение шума и вибрации автотранспортных средств** (Б1.2.10, 6 семестр): базируются на понимании динамики механизмов и методов уравновешивания.

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
			4
1	Аудиторные занятия В том числе:	54	54
1.1	Лекции	18	18
1.2	Семинарские/практические занятия	36	36
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 изчения дисциплины

№ п/п	Название раздела / темы	Всего часов	Аудиторная работа	Лекции	Семинарские/ практические занятия	Самостоятельная работа
Семестр 4	**Теория механизмов и машин**					
1	Тема 1. Введение. Основные понятия и определения теории механизмов и машин	6	2	2	–	4
2	Тема 2. Структурный анализ и классификация механизмов	12	6	2	4	6
3	Тема 3. Кинематический анализ рычажных механизмов	16	8	2	6	8

№ п/п	Название раздела / темы	Всего часов	Аудиторная работа	Лекции	Семинарские/ практические занятия	Самостоятельная работа
4	Тема 4. Кинематический анализ зубчатых механизмов	16	8	2	6	8
5	Тема 5. Кинематический анализ кулачковых механизмов	12	6	2	4	6
6	Тема 6. Динамический анализ механизмов. Силы, действующие в механизмах	14	8	2	6	6
7	Тема 7. Трение в механизмах. Коэффициент полезного действия	12	6	2	4	6
8	Тема 8. Уравновешивание машин. Вибрации в механизмах	10	6	2	4	4
9	Тема 9. Основы синтеза механизмов (кулачковых, зубчатых)	10	4	2	2	6
10	Подготовка к экзамену		–	–	–	
	Итого за 1 семестр	**108**	**54**	**18**	**36**	**54**

3.3. Содержание дисциплины

Семестр 4. Теория механизмов и машин

Тема 1. Введение. Основные понятия и определения теории механизмов и машин Роль теории механизмов и машин (ТММ) в инженерной деятельности. Место дисциплины в цикле дисциплин расчётного обоснования и верификации при проектировании поршневых двигателей. Основные понятия: машина, механизм, звено, кинематическая пара,

кинематическая цепь. Классификация кинематических пар по числу степеней свободы, по характеру соприкосновения звеньев (низшие и высшие пары). Кинематическая схема. Обобщённые координаты и степени свободы механизма. Примеры механизмов в поршневых двигателях: кривошипно-шатунный механизм (КШМ), газораспределительный механизм (ГРМ), механизм привода насосов.

Тема 2. Структурный анализ и классификация механизмов
Цель и задачи структурного анализа. Формула Чебышева для определения степени подвижности плоских механизмов. Избыточные связи и местные подвижности. Структурная классификация плоских механизмов по Ассуру-Артоболевскому. Принцип образования механизмов: присоединение структурных групп (групп Ассура) к начальному звену и стойке. Классы и порядки структурных групп. Структурный анализ кривошипно-шатунного механизма и механизма газораспределения. Замена высших кинематических пар цепями с низшими парами.

Тема 3. Кинематический анализ рычажных механизмов
Задачи кинематического анализа: определение положений звеньев, траекторий точек, скоростей и ускорений. Графические методы: метод планов положений, планов скоростей и планов ускорений. Свойства планов скоростей и ускорений. Теорема о подобии. Кинематический анализ кривошипно-шатунного механизма: определение перемещения, скорости и ускорения поршня; определение угловой скорости и углового ускорения шатуна. Влияние кинематических параметров на динамические нагрузки в двигателе. Аналитические методы кинематического анализа. Использование результатов кинематического анализа для построения индикаторных диаграмм по углу поворота коленчатого вала.

Тема 4. Кинематический анализ зубчатых механизмов
Классификация зубчатых передач. Основная теорема зацепления (теорема Виллиса). Эвольвентное зацепление и его свойства. Геометрические параметры эвольвентных зубчатых колёс: модуль, число зубьев, диаметры делительной, основной, вершин и впадин, шаг, толщина зуба. Передаточное отношение простых зубчатых передач. Рядовые зубчатые передачи. Планетарные и дифференциальные зубчатые механизмы. Формула Виллиса для определения передаточного отношения планетарных механизмов. Кинематический анализ многоступенчатых зубчатых редукторов. Применение зубчатых передач в приводах газораспределительного механизма, масляного насоса, топливного насоса высокого давления.

Тема 5. Кинематический анализ кулачковых механизмов
Назначение и классификация кулачковых механизмов (по виду движения кулачка и толкателя, по способу замыкания высшей пары). Основные параметры кулачкового механизма. Фазы работы кулачкового механизма: удаление, дальнее стояние, возвращение, ближнее стояние. Углы поворота кулачка, соответствующие этим фазам. Законы движения толкателя. Определение кинематических характеристик (перемещения, скорости, ускорения) толкателя графическим дифференцированием. Профилирование кулачков. Применение кулачковых механизмов в газораспределительных механизмах двигателей внутреннего сгорания (привод клапанов).

Тема 6. Динамический анализ механизмов. Силы, действующие в механизмах
Задачи динамического анализа. Силы, действующие в механизмах: движущие силы, силы полезного сопротивления, силы тяжести, силы инерции, силы трения, реакции связей. Определение реакций в кинематических парах плоских рычажных механизмов методом планов сил (кинетостатический анализ). Принцип Даламбера. Учёт сил инерции звеньев. Силовой анализ кривошипно-шатунного механизма: определение сил, действующих на поршень, шатун, коленчатый вал, и реакций в подшипниках. Определение движущего

момента на коленчатом валу. Построение диаграмм движущего момента и момента сопротивления.

Тема 7. Трение в механизмах. Коэффициент полезного действия
Виды трения в кинематических парах: трение скольжения и трение качения. Законы Кулона. Угол и конус трения. Трение в поступательной паре. Трение во вращательной паре (трение цапфы в подшипнике). Трение в высших кинематических парах. Понятие о механическом коэффициенте полезного действия (КПД). КПД при последовательном, параллельном и смешанном соединении механизмов. Учёт потерь на трение при силовом анализе. Влияние трения на работу двигателя, износ деталей КШМ и ГРМ. Методы снижения потерь на трение.

Тема 8. Уравновешивание машин. Вибрации в механизмах
Причины возникновения вибраций в машинах. Статическая и динамическая неуравновешенность вращающихся масс. Уравновешивание вращающихся звеньев (роторов): статическая и динамическая балансировка. Уравновешивание сил инерции в кривошипно-шатунном механизме одноцилиндрового двигателя. Методы полного и частичного уравновешивания двигателей различных схем (рядных, V-образных, оппозитных). Уравновешивание с помощью балансирных валов. Виброзащита и виброизоляция двигателя.

Тема 9. Основы синтеза механизмов
Задачи синтеза механизмов. Синтез кулачковых механизмов: выбор закона движения толкателя, определение основных размеров кулачкового механизма (радиуса основной шайбы, межцентрового расстояния, профиля кулачка) из условий ограничения угла давления. Синтез зубчатых зацеплений: выбор коэффициентов смещения для устранения подрезания и заострения зубьев, для обеспечения заданного межосевого расстояния. Понятие о качественных показателях зубчатой передачи. Основы синтеза планетарных механизмов.

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 2	Структурный анализ кривошипно-шатунного механизма двигателя	2
2	Тема 2	Структурный анализ механизма газораспределения. Замена высших пар	2
3	Тема 3	Кинематический анализ КШМ графоаналитическим методом (метод планов)	4
4	Тема 3	Кинематический анализ КШМ аналитическим методом. Построение графиков перемещения, скорости, ускорения поршня	2
5	Тема 4	Геометрический расчет эвольвентной зубчатой передачи. Определение параметров зубчатых колес	2
6	Тема 4	Кинематический анализ рядовой зубчатой передачи. Подбор чисел зубьев	2

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование практического занятия	Трудоемкость (час.)
7	Тема 4	Кинематический анализ планетарного редуктора (например, привода ГРМ)	4
8	Тема 5	Определение кинематических характеристик толкателя кулачкового механизма ГРМ	2
9	Тема 5	Профилирование кулачка газораспределительного механизма	2
10	Тема 6	Кинетостатический анализ КШМ. Определение реакций в кинематических парах	4
11	Тема 6	Определение движущего момента и момента сопротивления на валу двигателя	2
12	Тема 7	Расчёт потерь на трение в подшипниках коленчатого вала	2
13	Тема 7	Определение КПД многоступенчатого механизма (привода распределительного вала)	2
14	Тема 8	Расчёт масс противовесов для уравновешивания КШМ	2
15	Тема 9	Синтез кулачкового механизма по заданному закону движения толкателя	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 динамического расчёта двигателей, конструирования и расчета механизмов, 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. ГОСТ 16530-83 Передачи зубчатые. Общие термины, определения и обозначения
2. ГОСТ 16532-70 Передачи зубчатые цилиндрические эвольвентные внешнего зацепления. Расчет геометрии
3. ГОСТ 13755-2015 (ISO 53:1998) Основные нормы взаимозаменяемости. Передачи зубчатые цилиндрические эвольвентные. Исходные контуры
4. ГОСТ 21354-87 (СТ СЭВ 5744-86) Передачи зубчатые цилиндрические эвольвентные внешнего зацепления. Расчет на прочность

5. ГОСТ Р 2.106-2019 Единая система конструкторской документации (ЕСКД). Текстовые документы
6. ГОСТ 2.102-2013 Единая система конструкторской документации (ЕСКД). Виды и комплектность конструкторских документов (с Поправками)
7. ГОСТ 2.104-2006 Единая система конструкторской документации (ЕСКД). Основные надписи (с Поправками)
8. ГОСТ 27609-88 Расчеты и испытания на прочность в машиностроении. Основные положения и требования к проведению и нормативно-техническому обеспечению
9. ГОСТ 9563-60 (СТ СЭВ 310-76) Основные нормы взаимозаменяемости. Колеса зубчатые. Модули (с Изменениями N 1, 2)
10. СДОС НОСТРОЙ DS.NOS-15.0-2012 Правила и порядок сертификации машин и механизмов, применяемых в строительстве

4.2. Основная литература

Учебники:

1. Артоболевский И.И. Теория механизмов и машин, М., «Альянс», 2011 г., 640с.
2. Проектирование механизмов и машин : Учебное пособие / Гущин В. Г., Балтаджи С. А., Соболев А. В., Бровкина Ю. И. 1– Старый Оскол : ТНТ, 2023. – 488 с. - ISBN 978-5-94178-127-0
3. Бровкина Ю.И., Резников С.С др. Теория механизмов и машин: в вопросах и ответах. Часть 1. Структура и кинематика механизмов// учебное пособие для вузов. М: Курс, 2020.– 228 с.
4. Бровкина Ю.И., Резников С.С др. Теория механизмов и машин: в вопросах и ответах. Часть 2. Динамика машин// учебное пособие для вузов. М: Курс, 2020.– 228 с
5. Мамаев А.Н., Балабина Т.А. Теория механизмов и машин: учебник для вузов. - М.: Издательство ООО "Компания Дельта М", 2016. - 268 с.

Методические указания:

1. Курсовое проектирование механизмов и машин: сборник заданий / Ю.И. Бровкина, А.Н. Мамаев, Т.С. Рабичева. – Москва: Московский Политех, 2022. –
2. Дмитриева Л.Н.. Вуколова Г.С. Кинематический и силовой расчет механизмов - Метод. указ. к курсовому проектированию по теории механизмов и машин. - М.: МГТУ «МАМИ», 2007. – 44с.
3. Дмитриева Л.Н.. Вуколова Г.С. Динамическое исследование механизма - Метод. указ. к курсовому проектированию по теории механизмов и машин. - М.: МГТУ «МАМИ», 2007.
4. Балабина Т.А., Мамаев А.Н., Маринкин А.П. Профилирование эвольвентных зубчатых колес.- Метод. указ. к курсовому проектированию по теории механизмов и машин.- М.: МГТУ «МАМИ», 2007.
5. Балабина Т.А., Мамаев А.Н., Петрова Т.М. Синтез кулачкового механизма. - Метод. указ. к курсовому проектированию по теории механизмов и машин.- М.: МГТУ «МАМИ», 2007.
6. Балабина Т.А., Мамаев А.Н., Маринкин А.П. Определение передаточного отношения планетарных механизмов. - Метод. указ. к курсовому проектированию по теории механизмов и машин». -М.: МГТУ «МАМИ», 2007.
7. Балабина Т.А., Мамаев А.Н., Чепурной С.И. Методические указания к выполнению курсового проекта по «Теории механизмов и машин» и вопросы для самопроверки.- М.: МГТУ «МАМИ», 2007.
8. Абузов В.И., Балабина Т.А. и др. Планетарные механизмы –Задачник.- М.: МГТУ «МАМИ», 2007.
9. Балабина Т.А., Мамаев А.Н. и др. Методические указания к лабораторным работам по «ТММ». – М.: МГТУ «МАМИ», 2011.

4.3. Дополнительная литература

1. Фролов К.В. и др. Теория механизмов и машин: М: МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2009.- 688с
2. С.И. Тимофеев «Теория механизмов и машин». – Ростов Н/Д: Феникс, 2011г. – 349 с.

4.4. Электронные образовательные ресурсы

Конструирование механизмов
https://online.mospolytech.ru/course/view.php?id=15721

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

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 машин и механизмов» является **формирующей** для компетенции **ОПК-3**, обеспечивая фундаментальные знания и методики структурного, кинематического и динамического анализа и синтеза механизмов, а также основ проектирования механических систем, необходимых для расчётного обоснования, анализа работы и оптимизации узлов и механизмов поршневых двигателей и турбомашин на третьем этапе сквозного проектирования «Расчётное обоснование, верификация и оптимизация».

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 машин и механизмов» обеспечивает третий этап сквозного проекта «Расчётное обоснование, верификация и оптимизация», формируя у обучающихся понимание закономерностей движения механических систем и методов их анализа, необходимых для последующего проектирования и расчёта узлов поршневых двигателей (кривошипно-шатунного и газораспределительного механизмов). В ходе изучения дисциплины студент осваивает основные виды механизмов, их структурный анализ, методы кинематического и динамического анализа рычажных, зубчатых и кулачковых механизмов, методы силового расчёта с учётом сил инерции, трения и полезных сопротивлений, основы динамики машин, методы уравновешивания, а также основы синтеза механизмов.

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 структурного, кинематического и динамического анализа механизмов, методов расчёта зубчатых и кулачковых передач, учёта трения и КПД, уравновешивания машин. 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 методы анализа механизмов, обосновывать выбор методов расчёта, анализировать кинематические и динамические характеристики. 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 (структурный анализ механизмов, кинематический анализ КШМ графоаналитическим и аналитическим методами, геометрический расчёт зубчатых передач, кинематический анализ зубчатых и планетарных механизмов, кинематический анализ кулачковых механизмов, кинетостатический анализ КШМ, расчёт потерь на трение, определение КПД, расчёт масс противовесов для уравновешивания) 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 анализа механизмов, 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 структурный анализ КШМ, кинематический анализ (определение перемещения, скорости и ускорения поршня, угловой скорости и углового ускорения шатуна), кинетостатический анализ (определение сил, действующих в КШМ, реакций в кинематических парах), а также анализ уравновешенности механизма. 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 основным разделам теории механизмов и машин) 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 машин и механизмов» 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 механизмов 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 теории механизмов и машин, умеет выполнять структурный, кинематический и динамический анализ механизмов, рассчитывать зубчатые и кулачковые передачи. Это свидетельствует о сформированности на пороговом уровне индикаторов ИОПК-3.1 и ИОПК-3.2 в части теоретических основ механики механизмов.

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 степеней свободы механизмов,

кинематических характеристик, не может выполнить расчёт зубчатых передач. 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 выполняет структурный, кинематический и динамический анализ механизмов, рассчитывает зубчатые и кулачковые передачи, определяет КПД механизмов, выполняет уравновешивание машин. 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 КШМ.

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 вопросах, связанных с расчётом планетарных механизмов или синтезом кулачков. 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 кинематическом анализе сложных механизмов, 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 выполнить анализ механизмов, 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 структурного, кинематического и динамического анализа механизмов, методов расчёта зубчатых и кулачковых передач, учёта трения и КПД, уравновешивания машин. 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 (планетарные механизмы, синтез кулачков). 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 анализе механизмов, 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 выполнить анализ

механизмов. Отсутствует понимание закономерностей движения механических систем. 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 степеней свободы механизмов, кинематических характеристик, сил, реакций, передаточных отношений, КПД, параметров уравновешивания. 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 анализа механизмов, 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 методов структурного, кинематического и динамического анализа механизмов, самостоятельно выполняет анализ КШМ, определяет перемещение, скорость и ускорение поршня, угловую скорость и ускорение шатуна, рассчитывает силы, действующие в КШМ, и реакции в кинематических парах, выполняет анализ уравновешенности. Пояснительная записка оформлена в соответствии с требованиями, графические зависимости построены корректно. 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 анализа механизмов, но может испытывать затруднения при объяснении физического смысла полученных результатов или при выполнении сложных разделов (например, кинетостатический анализ). 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 методов анализа механизмов, испытывает значительные затруднения при определении сил инерции и реакций. 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 анализа механизмов, не может определить кинематические характеристики и 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 структурного, кинематического и динамического анализа механизмов, методов расчёта зубчатых и кулачковых передач, учёта трения и КПД, уравновешивания машин. Уверенно и без ошибок выполняет практическое задание (расчётную задача), 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, методы аналитической геометрии) 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 (структурный, 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 машин и механизмов» 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 механических систем двигателя.

7.3 Оценочные средства

7.3.1 Текущий контроль

Модульная структура дисциплины

Дисциплина изучается в 4-м семестре. Семестр делится на два равных модуля (периода), каждый из которых включает определённые темы.

Модуль 1 (недели 1–8) — Структурный и кинематический анализ механизмов. Зубчатые механизмы

Включает темы: Тема 1. Введение. Основные понятия и определения теории механизмов и машин; Тема 2. Структурный анализ и классификация механизмов; Тема 3. Кинематический анализ рычажных механизмов; Тема 4. Кинематический анализ зубчатых механизмов; Тема 5. Кинематический анализ кулачковых механизмов.

Модуль 2 (недели 9–16) — Динамический анализ механизмов. Трение. Уравновешивание. Синтез механизмов

Включает темы: Тема 6. Динамический анализ механизмов. Силы, действующие в механизмах; Тема 7. Трение в механизмах. Коэффициент полезного действия; Тема 8. Уравновешивание машин. Вибрации в механизмах; Тема 9. Основы синтеза механизмов (кулачковых, зубчатых).

Рубежный контроль по модулям (устный опрос/собеседование)

Модуль 1. Структурный и кинематический анализ механизмов. Зубчатые механизмы

Перечень вопросов для собеседования:

1. Роль теории механизмов и машин (ТММ) в инженерной деятельности. Место дисциплины в цикле дисциплин расчётного обоснования и верификации при проектировании поршневых двигателей.
2. Основные понятия: машина, механизм, звено, кинематическая пара, кинематическая цепь. Классификация кинематических пар по числу степеней свободы, по характеру соприкосновения звеньев (низшие и высшие пары).
3. Кинематическая схема. Обобщённые координаты и степени свободы механизма. Примеры механизмов в поршневых двигателях: кривошипно-шатунный механизм (КШМ), газораспределительный механизм (ГРМ), механизм привода насосов.
4. Цель и задачи структурного анализа. Формула Чебышева для определения степени подвижности плоских механизмов. Избыточные связи и местные подвижности.
5. Структурная классификация плоских механизмов по Ассуру-Артоболевскому. Принцип образования механизмов: присоединение структурных групп (групп Ассура) к начальному звену и стойке.
6. Классы и порядки структурных групп. Структурный анализ кривошипно-шатунного механизма и механизма газораспределения. Замена высших кинематических пар цепями с низшими парами.

7. Задачи кинематического анализа: определение положений звеньев, траекторий точек, скоростей и ускорений. Графические методы: метод планов положений, планов скоростей и планов ускорений.

8. Свойства планов скоростей и ускорений. Теорема о подобии. Кинематический анализ кривошипно-шатунного механизма: определение перемещения, скорости и ускорения поршня; определение угловой скорости и углового ускорения шатуна.

9. Аналитические методы кинематического анализа. Использование результатов кинематического анализа для построения индикаторных диаграмм по углу поворота коленчатого вала.

10. Классификация зубчатых передач. Основная теорема зацепления (теорема Виллиса). Эвольвентное зацепление и его свойства.

11. Геометрические параметры эвольвентных зубчатых колёс: модуль, число зубьев, диаметры делительной, основной, вершин и впадин, шаг, толщина зуба.

12. Передаточное отношение простых зубчатых передач. Рядовые зубчатые передачи. Планетарные и дифференциальные зубчатые механизмы.

13. Формула Виллиса для определения передаточного отношения планетарных механизмов. Кинематический анализ многоступенчатых зубчатых редукторов.

14. Применение зубчатых передач в приводах газораспределительного механизма, масляного насоса, топливного насоса высокого давления.

15. Назначение и классификация кулачковых механизмов (по виду движения кулачка и толкателя, по способу замыкания высшей пары). Основные параметры кулачкового механизма.

16. Фазы работы кулачкового механизма: удаление, дальнее стояние, возвращение, ближнее стояние. Углы поворота кулачка, соответствующие этим фазам.

17. Законы движения толкателя. Определение кинематических характеристик (перемещения, скорости, ускорения) толкателя графическим дифференцированием.

18. Профилирование кулачков. Применение кулачковых механизмов в газораспределительных механизмах двигателей внутреннего сгорания (привод клапанов).

Модуль 2. Динамический анализ механизмов. Трение. Уравновешивание. Синтез механизмов

Перечень вопросов для собеседования:

1. Задачи динамического анализа. Силы, действующие в механизмах: движущие силы, силы полезного сопротивления, силы тяжести, силы инерции, силы трения, реакции связей.

2. Определение реакций в кинематических парах плоских рычажных механизмов методом планов сил (кинетостатический анализ). Принцип Даламбера. Учёт сил инерции звеньев.

3. Силовой анализ кривошипно-шатунного механизма: определение сил, действующих на поршень, шатун, коленчатый вал, и реакций в подшипниках.

4. Определение движущего момента на коленчатом валу. Построение диаграмм движущего момента и момента сопротивления.

5. Виды трения в кинематических парах: трение скольжения и трение качения. Законы Кулона. Угол и конус трения.

6. Трение в поступательной паре. Трение во вращательной паре (трение цапфы в подшипнике). Трение в высших кинематических парах.

7. Понятие о механическом коэффициенте полезного действия (КПД). КПД при последовательном, параллельном и смешанном соединении механизмов.

8. Учёт потерь на трение при силовом анализе. Влияние трения на работу двигателя, износ деталей КШМ и ГРМ. Методы снижения потерь на трение.

9. Причины возникновения вибраций в машинах. Статическая и динамическая неуравновешенность вращающихся масс.

10. Уравновешивание вращающихся звеньев (роторов): статическая и динамическая балансировка.

11. Уравновешивание сил инерции в кривошипно-шатунном механизме одноцилиндрового двигателя.

12. Методы полного и частичного уравновешивания двигателей различных схем (рядных, V-образных, оппозитных). Уравновешивание с помощью балансирных валов.

13. Виброзащита и виброизоляция двигателя.

14. Задачи синтеза механизмов. Синтез кулачковых механизмов: выбор закона движения толкателя, определение основных размеров кулачкового механизма (радиуса основной шайбы, межцентрового расстояния, профиля кулачка) из условий ограничения угла давления.

15. Синтез зубчатых зацеплений: выбор коэффициентов смещения для устранения подрезания и заострения зубьев, для обеспечения заданного межосевого расстояния.

16. Понятие о качественных показателях зубчатой передачи. Основы синтеза планетарных механизмов.

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). Проверяемые индикаторы: ИОПК-3.1, ИОПК-3.2.

Пример тестовых заданий (один вариант)

1. **Сколько степеней свободы имеет плоский кривошипно-шатунный механизм?**
   - A) 1
   - B) 2
   - C) 3
   - D) 0

   Правильный ответ: A

2. **Какой метод используется для определения скоростей точек механизма графоаналитическим способом?**
   - A) Метод планов ускорений
   - B) Метод планов скоростей
   - C) Метод кинетостатики
   - D) Метод Мора

   Правильный ответ: B

3. **Какая формула используется для определения передаточного отношения планетарного механизма?**
   - A) Формула Эйлера
   - B) Формула Чебышева
   - C) Формула Виллиса
   - D) Формула Журавского

   Правильный ответ: C

4. **Какой принцип используется при кинетостатическом анализе механизмов?**
   - A) Принцип наименьшего действия
   - B) Принцип Даламбера
   - C) Принцип возможных перемещений
   - D) Принцип Гамильтона

   Правильный ответ: B

5. **Какой параметр характеризует статическую неуравновешенность ротора?**
   - A) Дисбаланс

- B) Момент инерции
- C) Частота вращения
- D) Радиус инерции

Правильный ответ: A

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. Проверяемые индикаторы: ИОПК-3.1, ИОПК-3.2.

Содержание индивидуального задания:

Индивидуальное задание включает в себя выполнение следующих этапов:

1. **Структурный анализ КШМ.** Для заданного центрального кривошипно-шатунного механизма определить степень подвижности, выявить структурные группы Ассура, определить класс механизма.
2. **Кинематический анализ КШМ.** Для заданного механизма с параметрами: радиус кривошипа R, длина шатуна L, частота вращения коленчатого вала n (или угловая скорость ω) выполнить:
   - определение перемещения поршня в зависимости от угла поворота коленчатого вала φ аналитическим методом;
   - определение скорости поршня аналитическим методом;
   - определение ускорения поршня аналитическим методом;
   - определение угловой скорости и углового ускорения шатуна;
   - построение графиков перемещения, скорости и ускорения поршня в зависимости от угла поворота коленчатого вала.
3. **Кинетостатический анализ КШМ.** На основе заданной индикаторной диаграммы (или её аналитической аппроксимации) и результатов кинематического анализа определить:
   - силу давления газов на поршень;
   - силы инерции возвратно-поступательно движущихся масс;
   - силы инерции вращающихся масс;
   - суммарную силу, действующую на поршневой палец;
   - нормальную силу, действующую на стенку цилиндра;
   - силу, действующую вдоль шатуна;
   - тангенциальную и радиальную составляющие силы, действующей на шатунную шейку;
   - реакции в кинематических парах (поршень-цилиндр, поршневой палец-шатун, шатун-коленчатый вал, коренные подшипники).
4. **Анализ уравновешенности.** Определить неуравновешенные силы инерции и моменты. Рассчитать параметры противовесов для уравновешивания вращающихся масс. Для заданной схемы двигателя (одноцилиндровый, рядный, V-образный) провести анализ уравновешенности.

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 структурный анализ, кинематический анализ, кинетостатический анализ, анализ уравновешенности;
- 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;
- схема двигателя (одноцилиндровый, рядный 2-, 4-, 6-цилиндровый, V-образный).

Оценочные средства для практических занятий

Типовые задания для практических занятий

Модуль 1. Структурный и кинематический анализ механизмов. Зубчатые механизмы

Задание 1. Структурный анализ кривошипно-шатунного механизма двигателя

Для заданной кинематической схемы кривошипно-шатунного механизма определить число звеньев, кинематических пар, степень подвижности по формуле Чебышева. Выявить структурные группы Ассура. Определить класс механизма.

Задание 2. Структурный анализ механизма газораспределения. Замена высших пар

Для заданного кулачкового механизма газораспределения определить степень подвижности. Выполнить замену высшей кинематической пары цепью с низшими парами. Определить класс механизма после замены.

Задание 3. Кинематический анализ КШМ графоаналитическим методом (метод планов)

Для заданного положения кривошипно-шатунного механизма построить план положений, план скоростей, план ускорений. Определить скорость и ускорение поршня, угловую скорость и угловое ускорение шатуна.

Задание 4. Кинематический анализ КШМ аналитическим методом. Построение графиков

Для заданного КШМ выполнить аналитический расчёт перемещения, скорости и ускорения поршня в зависимости от угла поворота кривошипа. Построить графики перемещения, скорости и ускорения поршня.

Задание 5. Геометрический расчет эвольвентной зубчатой передачи. Определение параметров зубчатых колёс

Для заданных параметров зубчатой передачи (модуль m, числа зубьев z1, z2) определить геометрические параметры: делительные диаметры, диаметры вершин и впадин, шаг, толщину зуба, межосевое расстояние. Построить картину зацепления.

Задание 6. Кинематический анализ рядовой зубчатой передачи. Подбор чисел зубьев

Для заданного передаточного отношения и модуля подобрать числа зубьев колёс рядовой зубчатой передачи. Определить частоты вращения всех колёс.

Задание 7. Кинематический анализ планетарного редуктора (например, привода ГРМ)

Для заданной схемы планетарного редуктора определить передаточное отношение от водила к центральному колесу (или наоборот) с использованием формулы Виллиса. Определить частоты вращения всех звеньев.

Задание 8. Определение кинематических характеристик толкателя кулачкового механизма ГРМ

Для заданного закона движения толкателя (диаграмма перемещения) построить графики скорости и ускорения методом графического дифференцирования. Определить максимальные значения скорости и ускорения.

Задание 9. Профилирование кулачка газораспределительного механизма

Для заданного закона движения толкателя и выбранного радиуса основной шайбы выполнить профилирование кулачка методом обращённого движения.

Модуль 2. Динамический анализ механизмов. Трение. Уравновешивание. Синтез механизмов

Задание 10. Кинетостатический анализ КШМ. Определение реакций в кинематических парах

Для заданного положения КШМ и известных сил, действующих в механизме, выполнить кинетостатический анализ методом планов сил. Определить реакции в кинематических парах.

Задание 11. Определение движущего момента и момента сопротивления на валу двигателя

По результатам кинетостатического анализа определить движущий момент на коленчатом валу для одного цилиндра. Построить диаграмму движущего момента для многоцилиндрового двигателя.

Задание 12. Расчёт потерь на трение в подшипниках коленчатого вала

Для заданных параметров подшипников (диаметр цапфы, нагрузка, коэффициент трения) определить момент сил трения и мощность потерь на трение.

Задание 13. Определение КПД многоступенчатого механизма (привода распределительного вала)

Для заданной кинематической схемы привода распределительного вала (зубчатые передачи, ременная передача) определить общий КПД привода.

Задание 14. Расчёт масс противовесов для уравновешивания КШМ

Для одноцилиндрового двигателя определить неуравновешенные силы инерции вращающихся масс. Рассчитать массу противовесов для полного уравновешивания вращающихся масс.

Задание 15. Синтез кулачкового механизма по заданному закону движения толкателя

По заданному закону движения толкателя (диаграмма ускорения) определить основные размеры кулачкового механизма (радиус основной шайбы, смещение толкателя) из условия ограничения угла давления. Построить профиль кулачка.

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)

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.

Структура экзаменационного билета

Экзаменационный билет состоит из двух теоретических вопросов (по одному из каждого модуля) и одного практического задания (расчётная задача). Проверяемые индикаторы: ИОПК-3.1, ИОПК-3.2.

Структура билета:

- **Вопрос 1** (Модуль 1): Структурный, кинематический анализ механизмов. Зубчатые и кулачковые механизмы.
- **Вопрос 2** (Модуль 2): Динамический анализ, трение, КПД, уравновешивание, синтез механизмов.
- **Задание 3**: Расчётная задача (определение степеней свободы, кинематических характеристик, передаточного отношения, сил, КПД, параметров уравновешивания).

Типовые экзаменационные билеты

Экзаменационный билет №1

Вопрос 1 (Модуль 1)

Структурный анализ и классификация механизмов. Формула Чебышева для определения степени подвижности плоских механизмов. Структурная классификация плоских механизмов по Ассуру-Артоболевскому. Пример структурного анализа кривошипно-шатунного механизма.

Вопрос 2 (Модуль 2)

Динамический анализ механизмов. Силы, действующие в механизмах. Кинетостатический анализ. Принцип Даламбера. Определение реакций в кинематических парах методом планов сил. Силовой анализ кривошипно-шатунного механизма.

Задание 3

Определить степень подвижности плоского механизма, состоящего из 4 звеньев, соединённых 4 одноподвижными кинематическими парами (вращательными и поступательными). Построить структурную схему. Определить класс механизма.

Экзаменационный билет №2

Вопрос 1 (Модуль 1)

Кинематический анализ зубчатых механизмов. Основная теорема зацепления. Эвольвентное зацепление и его свойства. Геометрические параметры эвольвентных зубчатых колёс. Кинематический анализ планетарных и дифференциальных механизмов. Формула Виллиса.

Вопрос 2 (Модуль 2)

Трение в механизмах. Виды трения в кинематических парах. Законы Кулона. Угол и конус трения. Трение в поступательной и вращательной парах. Коэффициент полезного действия (КПД) механизмов. КПД при последовательном, параллельном и смешанном соединении механизмов.

Задание 3

Для планетарного редуктора с числами зубьев: z1 = 20, z2 = 30, z3 = 80 (водило — звено 2) определить передаточное отношение от водила к центральному колесу. Редуктор имеет одну планетарную ступень.

Экзаменационный билет №3

Вопрос 1 (Модуль 1)

Кинематический анализ рычажных механизмов. Задачи кинематического анализа. Графические методы: метод планов скоростей и планов ускорений. Свойства планов скоростей и ускорений. Теорема о подобии. Кинематический анализ кривошипно-шатунного механизма.

Вопрос 2 (Модуль 2)

Уравновешивание машин. Причины возникновения вибраций. Статическая и динамическая неуравновешенность вращающихся масс. Уравновешивание вращающихся звеньев (роторов): статическая и динамическая балансировка. Уравновешивание сил инерции в кривошипно-шатунном механизме.

Задание 3

Для кривошипно-шатунного механизма с радиусом кривошипа R = 0,05 м, длиной шатуна L = 0,2 м, частоте вращения кривошипа n = 1500 об/мин определить скорость поршня в момент, когда угол поворота кривошипа φ = 90°. Использовать аналитический метод.

Полный перечень теоретических вопросов к экзамену по каждой теме

Модуль 1. Структурный и кинематический анализ механизмов. Зубчатые механизмы

1. Роль теории механизмов и машин (ТММ) в инженерной деятельности. Место дисциплины в цикле дисциплин расчётного обоснования и верификации при проектировании поршневых двигателей.
2. Основные понятия: машина, механизм, звено, кинематическая пара, кинематическая цепь. Классификация кинематических пар по числу степеней свободы, по характеру соприкосновения звеньев (низшие и высшие пары).
3. Кинематическая схема. Обобщённые координаты и степени свободы механизма. Примеры механизмов в поршневых двигателях.
4. Цель и задачи структурного анализа. Формула Чебышева для определения степени подвижности плоских механизмов. Избыточные связи и местные подвижности.
5. Структурная классификация плоских механизмов по Ассуру-Артоболевскому. Принцип образования механизмов.
6. Классы и порядки структурных групп. Структурный анализ кривошипно-шатунного механизма и механизма газораспределения.
7. Задачи кинематического анализа. Графические методы: метод планов положений, планов скоростей и планов ускорений.
8. Свойства планов скоростей и ускорений. Теорема о подобии. Кинематический анализ кривошипно-шатунного механизма.
9. Аналитические методы кинематического анализа. Использование результатов кинематического анализа для построения индикаторных диаграмм.
10. Классификация зубчатых передач. Основная теорема зацепления (теорема Виллиса). Эвольвентное зацепление и его свойства.
11. Геометрические параметры эвольвентных зубчатых колёс.
12. Передаточное отношение простых зубчатых передач. Рядовые зубчатые передачи.
13. Планетарные и дифференциальные зубчатые механизмы. Формула Виллиса.
14. Кинематический анализ многоступенчатых зубчатых редукторов. Применение зубчатых передач в двигателях.
15. Назначение и классификация кулачковых механизмов. Основные параметры кулачкового механизма.
16. Фазы работы кулачкового механизма. Углы поворота кулачка.
17. Законы движения толкателя. Определение кинематических характеристик толкателя графическим дифференцированием.
18. Профилирование кулачков. Применение кулачковых механизмов в ГРМ.

Модуль 2. Динамический анализ механизмов. Трение. Уравновешивание. Синтез механизмов

19. Задачи динамического анализа. Силы, действующие в механизмах.
20. Определение реакций в кинематических парах плоских рычажных механизмов методом планов сил (кинетостатический анализ). Принцип Даламбера.
21. Силовой анализ кривошипно-шатунного механизма.
22. Определение движущего момента на коленчатом валу. Построение диаграмм движущего момента и момента сопротивления.
23. Виды трения в кинематических парах. Законы Кулона. Угол и конус трения.
24. Трение в поступательной паре. Трение во вращательной паре. Трение в высших кинематических парах.

25. Понятие о механическом коэффициенте полезного действия (КПД). КПД при последовательном, параллельном и смешанном соединении механизмов.

26. Учёт потерь на трение при силовом анализе. Влияние трения на работу двигателя.

27. Причины возникновения вибраций в машинах. Статическая и динамическая неуравновешенность вращающихся масс.

28. Уравновешивание вращающихся звеньев (роторов): статическая и динамическая балансировка.

29. Уравновешивание сил инерции в кривошипно-шатунном механизме одноцилиндрового двигателя.

30. Методы полного и частичного уравновешивания двигателей различных схем. Уравновешивание с помощью балансирных валов.

31. Виброзащита и виброизоляция двигателя.

32. Задачи синтеза механизмов. Синтез кулачковых механизмов.

33. Синтез зубчатых зацеплений: выбор коэффициентов смещения.

34. Понятие о качественных показателях зубчатой передачи. Основы синтеза планетарных механизмов.