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

КОНСТРУИРОВАНИЕ И РАСЧЕТ МЕХАНИЗМОВ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

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 5
3. Структура и содержание дисциплины 6
3.1. Виды учебной работы и трудоемкость 6
3.2. Тематический план изучения дисциплины 7
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 8
3.5. Тематика курсовых проектов (курсовых работ) 8
4. Учебно-методическое и информационное обеспечение 8
4.1. Нормативные документы и ГОСТы 8
4.2. Основная литература 9
4.3. Дополнительная литература 9
4.4. Электронные образовательные ресурсы 9
4.5. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение 9
4.6. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы 9
5. Материально-техническое обеспечение 10
6. Методические рекомендации 11
6.1. Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения 11
6.2. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины 12
7. Фонд оценочных средств 12
7.1. Методы контроля и оценивания результатов обучения 13
7.2. Шкала и критерии оценивания результатов обучения 14
7.3. Оценочные средства 15
Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации успеваемости. Вопросы для собеседования со студентами. 18

1. Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине

Целью освоения дисциплины является формирование у обучающихся комплекса теоретических знаний и практических навыков по расчёту и конструированию деталей и сборочных единиц общего и специального назначения, обеспечивающих работоспособность, надёжность и долговечность механизмов поршневых двигателей и турбомашин на третьем этапе сквозного проектирования «Расчётное обоснование, верификация и оптимизация».

Задачами дисциплины являются:

– изучение критериев работоспособности (прочность, жёсткость, износостойкость, теплостойкость, виброустойчивость) и методов их обеспечения при проектировании;

– освоение методик расчёта и конструирования неразъёмных и разъёмных соединений (сварных, резьбовых, шпоночных, шлицевых);

– изучение основ расчёта и проектирования передач (зубчатых, червячных, ремённых, цепных) и их элементов;

– формирование навыков расчёта и конструирования валов и осей, подшипников качения и скольжения, муфт и упругих элементов;

– приобретение навыков выбора материалов и назначения термической обработки для деталей, работающих в различных условиях нагружения;

– освоение методов обеспечения технологичности конструкций и унификации элементов машин;

– формирование умения выполнять проектировочные и проверочные расчёты механизмов с использованием современных методов и нормативных документов.

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 изучение методов расчёта и конструирования типовых деталей и узлов машин, применяемых в энергетических установках: соединений (резьбовых, сварных, шпоночных, шлицевых), передач (зубчатых, червячных, ременных), валов и осей, подшипников (скольжения и качения), муфт, пружин, корпусных деталей. На практических занятиях студенты осваивают применение физико-математического аппарата (сопротивление материалов, теоретическая механика) для расчётов на прочность, жёсткость, износостойкость и долговечность (ИОПК-3.1). Формируются навыки применения методов анализа и моделирования для выбора геометрических параметров, назначения допусков, оценки напряжённо-деформированного состояния деталей и узлов, что позволяет выполнять расчётное обоснование конструктивных решений при проектировании механизмов энергетических установок (ИОПК-3.2).

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина **«Конструирование и расчет механизмов энергетических установок»** относится к **обязательной части блока Б.1** учебного плана (код дисциплины: Б1.1.22) и изучается в **5-м и 6-м семестрах**.

Данная дисциплина является **ядром третьего этапа сквозного проекта «Расчётное обоснование, верификация и оптимизация»**, обеспечивая интеграцию знаний из предшествующих общеинженерных дисциплин для выполнения проектировочных и проверочных расчётов деталей и узлов проектируемого двигателя.

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

- **Инженерная механика в энергетическом машиностроении** (Б1.1.16, 3 семестр): знание общих законов статики, кинематики и динамики необходимо для определения нагрузок на детали и механизмы.
- **Сопротивление материалов** (Б1.1.15, 3-4 семестры): знание методов расчёта на прочность, жёсткость и устойчивость является основой для проектировочных и проверочных расчётов деталей машин.
- **Инженерная механика машин и механизмов** (Б1.1.21, 4 семестр): понимание структуры, кинематики и динамики механизмов необходимо для анализа работы узлов двигателя.
- **Конструкционные материалов поршневых двигателей и турбомашин** (Б1.1.13, 3 семестр): знание свойств материалов и методов их упрочнения необходимо для обоснованного выбора при конструировании.
- **Графическое проектирование деталей и механизмов энергетических машин** (Б1.1.9, 1-2 семестры): умение выполнять и читать чертежи, знание правил оформления конструкторской документации необходимо для разработки рабочих чертежей.
- **Нормирование точности и метрология в энергетическом машиностроении** (Б1.1.14, 3 семестр): знание основ взаимозаменяемости, допусков и посадок необходимо для назначения точности сопрягаемых деталей.
- **Автоматизированное проектирование в двигателестроении** (Б1.1.12, 2-3 семестры): владение CAD-системами позволяет создавать трёхмерные модели деталей для последующего анализа и конструирования.

Основные положения дисциплины используются в дальнейшем при изучении следующих дисциплин и освоении элементов образовательной программы, обеспечивая завершение третьего и переход к четвёртому этапу сквозного проекта:

- **Динамический расчет поршневых двигателей** (Б1.2.4, 5 семестр): выполняется параллельно, обеспечивая исходные данные для прочностных расчётов.
- **Системы поршневых двигателей** (Б1.2.5, 5 семестр) и **Агрегаты наддува** (Б1.2.7, 6 семестр): требуют умения рассчитывать и конструировать элементы систем и приводы агрегатов.
- **Расчет и оптимизация деталей двигателя** (Б1.2.9, 6 семестр): углубляет методы расчёта с применением CAE-систем для оптимизации конструкций.
- **Конструирование поршневых двигателей** (Б1.2.8, 6 семестр): непосредственно развивает навыки конструирования применительно к поршневым двигателям.

- **Разработка конструкторской документации на двигатели и их компоненты** (Б1.2.15, 7 семестр): использует результаты расчётов и конструирования для выпуска полного комплекта КД (IV этап).
- **Технологическая подготовка производства в машиностроении** (Б1.2.16, 7 семестр): учитывает конструктивные решения при разработке технологических процессов (IV этап).
- **Методы испытаний поршневых двигателей и турбомашин** (Б1.2.14, 7 семестр): результаты расчётов верифицируются при испытаниях (IV этап).
- Все последующие дисциплины, связанные с разработкой, испытаниями и эксплуатацией двигателей, а также подготовка и защита выпускной квалификационной работы.

3. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет **5 зачетных единиц (180 часов)**.

3.1. Виды учебной работы и трудоемкость

№ п/п	Вид учебной работы	Количество часов	Семестры	
			5	6
1	Аудиторные занятия	90	54	36
	В том числе:			
1.1	Лекции	18	18	–
1.2	Семинарские/практические занятия	54	36	18
1.3	Лабораторные занятия	18	–	18
2	Самостоятельная работа	90	54	36
3	Промежуточная аттестация			
	Зачет/диф.зачет/экзамен	Экзамен	Экзамен	Экзамен
	Курсовой проект	–	–	–
	Курсовая работа	–	–	–
	Итого	**180**	**108**	**72**

3.2. Тематический план изучения дисциплины

№ п/п	Название раздела / темы	Всего часов	Аудиторная работа	Лекции	Семинарские/ практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
Семестр 5	**Основы конструирования и расчёта деталей машин**						
1	Тема 1. Введение. Основные понятия и критерии работоспособности	10	4	2	2	–	6
2	Тема 2. Соединения деталей машин (неразъёмные)	14	8	2	6	–	6
3	Тема 3. Резьбовые соединения	14	8	2	6	–	6
4	Тема 4. Шпоночные и шлицевые соединения	12	6	2	4	–	6
5	Тема 5. Зубчатые передачи. Цилиндрические зубчатые передачи	14	8	2	6	–	6
6	Тема 6. Конические и червячные передачи	14	8	2	6	–	6
7	Тема 7. Валы и оси	14	8	4	4	–	6
8	Тема 8. Подшипники (общие понятия для 5 семестра)	10	4	2	2	–	6

9	Подготовка к зачёту	6	–	–	–	–	6
	Итого за 5 семестр	**108**	**54**	**18**	**36**	**–**	**54**
Семестр 6	**Прикладные вопросы конструирования и расчёта**						
10	Тема 9. Подшипники скольжения	10	6	–	2	4	4
11	Тема 10. Подшипники качения	12	8	–	4	4	4
12	Тема 11. Муфты приводов	10	4	–	2	2	6
13	Тема 12. Пружины и упругие элементы	8	4	–	2	2	4
14	Тема 13. Корпусные детали и их проектирование	12	6	–	4	2	6
15	Тема 14. Смазочные устройства и системы смазки	8	4	–	2	2	4
16	Тема 15. Основы проектирования приводов	8	4	–	2	2	4
17	Подготовка к экзамену	4	–	–	–	–	4
	Итого за 6 семестр	**72**	**36**	**–**	**18**	**18**	**36**

3.3. Содержание дисциплины

Семестр 5. Основы конструирования и расчёта деталей машин

Тема 1. Введение. Основные понятия и критерии работоспособности

Цели и задачи дисциплины. Роль курса «Детали машин» в инженерной подготовке и в расчётном обосновании при проектировании двигателей. Основные понятия: машина, механизм, деталь, сборочная единица (узел). Требования, предъявляемые к машинам и их деталям. Критерии работоспособности деталей машин: прочность, жёсткость, износостойкость, теплостойкость, виброустойчивость. Надёжность как комплексное свойство. Основы расчётов на прочность при постоянных и переменных нагрузках.

Тема 2. Соединения деталей машин (неразъёмные)

Классификация соединений. Неразъёмные соединения. Сварные соединения: типы сварных швов (стыковые, угловые), их расчёт на прочность при различных видах нагружения. Допускаемые напряжения для сварных швов. Паяные и клеевые соединения: конструкция, расчёт, применение. Заклёпочные соединения: конструкция, расчёт на прочность, области применения. Соединения с натягом (прессовые): расчёт прочности соединения по величине натяга, способы сборки.

Тема 3. Резьбовые соединения

Классификация резьб (метрическая, дюймовая, трапецеидальная, упорная). Основные геометрические параметры резьбы. Стандартные крепёжные детали (болты, винты, шпильки, гайки, шайбы). Способы стопорения резьбовых соединений. Распределение нагрузки по виткам резьбы. Расчёт резьбовых соединений: затянутое соединение, нагруженное внешней осевой силой (случаи с предварительной затяжкой и без неё). Расчёт болтов, нагруженных поперечной силой (установка с зазором и без зазора). Расчёт группы болтов. Примеры расчёта крепления головки блока цилиндров, крышек подшипников.

Тема 4. Шпоночные и шлицевые соединения

Назначение и классификация шпоночных соединений (призматические, сегментные, клиновые). Конструкция и расчёт призматических шпонок на смятие и срез. Стандартные размеры шпонок и шпоночных пазов. Назначение и типы шлицевых (зубчатых) соединений (прямобочные, эвольвентные, треугольные). Методы центрирования втулки на валу. Расчёт шлицевых соединений на смятие и износ. Применение шпоночных и шлицевых соединений в приводе газораспределительного механизма, в соединениях валов с шестернями и муфтами.

Тема 5. Зубчатые передачи. Цилиндрические зубчатые передачи

Общие сведения о зубчатых передачах, их классификация, достоинства и недостатки. Основы теории зубчатого зацепления (эвольвентное зацепление). Основные геометрические параметры цилиндрических зубчатых колёс (модуль, число зубьев, делительный диаметр, диаметры вершин и впадин, межосевое расстояние). Передаточное число. Материалы и термообработка зубчатых колёс. Виды разрушения зубьев. Критерии работоспособности закрытых и открытых передач. Расчёт цилиндрических зубчатых передач на контактную прочность и изгибную выносливость. Особенности расчёта косозубых и шевронных колёс. Примеры расчёта зубчатых передач в приводе газораспределения, масляного насоса.

Тема 6. Конические и червячные передачи

Конические зубчатые передачи: конструкция, геометрические параметры, особенности расчёта на контактную прочность и изгиб. Передачи с прямыми и круговыми зубьями. Червячные передачи: конструкция, геометрические параметры (модуль, коэффициент диаметра червяка, число заходов). Материалы червяка и червячного колеса. КПД червячной передачи, тепловой расчёт. Особенности расчёта червячных передач на прочность. Применение в механизмах регулировки, приводах.

Тема 7. Валы и оси

Назначение и классификация валов и осей. Конструктивные элементы валов. Материалы валов. Проектный и проверочный расчёты валов. Проектный расчёт на кручение (ориентировочный). Проверочный расчёт на статическую прочность и сопротивление усталости. Расчёт валов на жёсткость. Выбор формы и размеров ступеней вала. Примеры расчёта коленчатого и распределительного валов двигателя (общие принципы).

Тема 8. Подшипники (общие понятия для 5 семестра)

Общее понятие об опорах валов и осей. Классификация подшипников: подшипники скольжения и подшипники качения. Области применения, достоинства и недостатки. Основные типы и условные обозначения подшипников качения. Понятие о динамической и статической грузоподъёмности. Введение в расчёт подшипников качения на долговечность.

Семестр 6. Прикладные вопросы конструирования и расчёта

Тема 9. Подшипники скольжения

Общие сведения, конструкция, материалы вкладышей. Условия работы подшипников скольжения. Режимы жидкостного, полужидкостного и граничного трения. Гидродинамическая теория смазки. Расчёт подшипников скольжения на жидкостное трение (расчёт по критериям: среднее давление, произведение давления на скорость, определение минимальной толщины масляного слоя). Смазочные материалы. Области применения подшипников скольжения в двигателях (коренные и шатунные подшипники, поршневой палец).

Тема 10. Подшипники качения

Классификация подшипников качения по форме тел качения (шариковые, роликовые), по направлению воспринимаемой нагрузки (радиальные, радиально-упорные, упорные), по основным конструктивным признакам. Серии подшипников. Система условных обозначений подшипников. Материалы деталей подшипников. Виды разрушений и критерии работоспособности. Расчёт подшипников качения на долговечность (по динамической грузоподъёмности). Выбор подшипников по статической грузоподъёмности. Конструирование подшипниковых узлов (схемы установки, смазка, уплотнения). Применение подшипников качения в двигателях (вспомогательные агрегаты, коробки передач).

Тема 11. Муфты приводов

Назначение и классификация муфт. Управляемые и неуправляемые (постоянные) муфты. Глухие муфты (втулочные, фланцевые). Компенсирующие муфты (зубчатые, цепные, кулачково-дисковые, упругие втулочно-пальцевые, с резиновой звёздочкой). Упругие муфты, их роль в снижении динамических нагрузок. Сцепные управляемые муфты (кулачковые, фрикционные). Самоуправляемые муфты (предохранительные, обгонные, центробежные). Основы расчёта и выбора муфт. Применение в приводах вспомогательных агрегатов.

Тема 12. Пружины и упругие элементы

Назначение и классификация пружин (винтовые цилиндрические, конические, тарельчатые, торсионные, рессоры). Материалы для пружин (пружинные стали). Основные параметры. Расчёт и конструирование цилиндрических винтовых пружин растяжения и сжатия. Определение размеров, жёсткости и потенциальной энергии. Пружины кручения. Примеры применения пружин в двигателях (клапанные пружины, пружины толкателей, уплотнительные элементы).

Тема 13. Корпусные детали и их проектирование

Назначение корпусных деталей (блок цилиндров, картер, корпуса редукторов, насосов). Материалы корпусных деталей (чугун, алюминиевые сплавы, сварные стальные конструкции). Конструирование корпусов: обеспечение прочности, жёсткости, технологичности, удобства сборки и обслуживания. Расчёт корпусных деталей (общие принципы, определение напряжений в опасных сечениях). Фланцевые соединения, рёбра жёсткости, бобышки, приливы.

Тема 14. Смазочные устройства и системы смазки

Назначение смазки. Виды трения. Масла и пластичные смазки, их свойства и классификация. Способы подвода смазки (индивидуальный и централизованный). Смазочные устройства: маслёнки, фитили, масляные ванны, циркуляционные системы. Системы смазки двигателей внутреннего сгорания (разбрызгиванием, под давлением, комбинированные). Фильтрация масла. Уплотнительные устройства (манжеты, сальники, прокладки), их выбор и расчёт.

Тема 15. Основы проектирования приводов

Общая схема механического привода от двигателя к рабочему органу (трансмиссия автомобиля, приводы вспомогательных агрегатов). Выбор кинематической схемы. Определение мощности на рабочих валах, частот вращения, крутящих моментов. Выбор стандартных изделий (электродвигателей, редукторов, муфт). Этапы проектирования привода. Примеры проектирования простых приводов (привод масляного насоса, привод вентилятора).

3.4. Тематика семинарских/практических и лабораторных занятий

3.4.1. Семинарские/практические занятия

Семестр 5

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование практического занятия	Трудоемкость (час.)
1	Тема 1	Определение допускаемых напряжений для различных материалов	2
2	Тема 2	Расчёт сварных соединений (стыковых и угловых швов)	4
3	Тема 2	Расчёт прессовых соединений	2
4	Тема 3	Расчёт резьбовых соединений: затянутый болт под нагрузкой	4
5	Тема 3	Расчёт группы болтов (фланцевое соединение)	4
6	Тема 4	Расчёт призматических шпоночных соединений	2
7	Тема 4	Расчёт прямобочных шлицевых соединений	2
8	Тема 5	Геометрический расчёт цилиндрической зубчатой передачи	4
9	Тема 5	Проверочный расчёт зубчатой передачи на контактную прочность и изгиб	4

10	Тема 6	Расчёт конической зубчатой передачи	2
11	Тема 6	Тепловой и прочностной расчёт червячной передачи	2
12	Тема 7	Проектный расчёт вала на кручение. Выбор формы ступеней вала	2
13	Тема 7	Проверочный расчёт вала на статическую прочность и усталость	2
	Итого за 5 семестр		**36**

Семестр 6

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование практического занятия	Трудоемкость (час.)
1	Тема 9	Выбор и расчёт подшипников скольжения для заданных условий работы	2
2	Тема 10	Расчёт подшипников качения на долговечность	4
3	Тема 11	Выбор муфты по каталогу в зависимости от крутящего момента и диаметров валов	2
4	Тема 12	Расчёт цилиндрической винтовой пружины сжатия	2
5	Тема 13	Анализ конструктивных особенностей корпусной детали и её элементов	2
6	Тема 14	Выбор системы смазки и расчёт основных параметров (подача насоса)	2
7	Тема 15	Кинематический и энергетический расчёт привода	2
8	Тема 15	Разработка эскизного проекта привода и выбор стандартных изделий	2
	Итого за 6 семестр		**18**

3.4.2. Лабораторные занятия

Семестр 6

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование лабораторной работы	Трудоемкость (час.)
1	Тема 9	Изучение конструкции подшипников скольжения. Измерение зазоров	2
2	Тема 10	Изучение конструкции подшипников качения. Определение динамической грузоподъёмности	2

3	Тема 10	Монтаж и демонтаж подшипников качения. Регулировка зазоров	2
4	Тема 11	Изучение конструкций муфт приводов	2
5	Тема 12	Определение жёсткости и проверка характеристик цилиндрической пружины	2
6	Тема 13	Изучение конструкции корпусной детали (блока цилиндров или редуктора)	2
7	Тема 14	Изучение элементов системы смазки двигателя (масляный насос, фильтр, магистрали)	2
8	Тема 15	Изучение конструкции одноступенчатого редуктора. Определение передаточного числа	2
9	Тема 15	Изучение конструкции привода вентилятора системы охлаждения	2
	Итого за 6 семестр		**18**

3.5. Тематика курсовых проектов (курсовых работ)

Курсовой проект (курсовая работа) по дисциплине не предусмотрены. Однако результаты освоения дисциплины (навыки расчёта соединений, передач, валов, подшипников) являются основой для выполнения последующих курсовых проектов по дисциплинам «Конструирование и расчет поршневых двигателей» и «Расчет и оптимизация деталей двигателя», а также для выполнения раздела «Прочностные расчёты» в выпускной квалификационной работе.

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. Детали машин : учебник / М. А. Мельчаков, В. А. Власов, С. М. Поляков, О. Б. Лисовская. — Киров : ВятГУ, 2023. — 272 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/390695
2. Тюняев, А. В. Детали машин : учебник / А. В. Тюняев, В. П. Звездаков, В. А. Вагнер. — 2-е изд., испр. и доп. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 736 с. — ISBN 978-5-8114-1461-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/211130

4.3. Дополнительная литература

1. Гулиа, Н. В. Детали машин : учебник / Н. В. Гулиа, В. Г. Клоков, С. А. Юрков. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2025. — 416 с. — ISBN 978-5-507-50961-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/495236
2. Афанасьев, А. И. Прикладная механика. Теория механизмов и машин. Детали машин : учебное пособие / А. И. Афанасьев, Н. В. Ахлюстина, А. А. Чиркова. — Екатеринбург : УГГУ, 2023. — 155 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/453458

4.4. Электронные образовательные ресурсы

Конструирование и расчет механизмов энергетических установок (5 сем)
https://online.mospolytech.ru/course/view.php?id=15722
Конструирование и расчет механизмов энергетических установок (6 сем)
https://online.mospolytech.ru/course/view.php?id=15723

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

Пятый семестр

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 «Конструирование и расчет механизмов энергетических установок» является **формирующей** для компетенции **ОПК-3**, обеспечивая комплекс теоретических знаний и практических навыков по расчёту и конструированию деталей и сборочных единиц общего и специального назначения, обеспечивающих работоспособность, надёжность и долговечность 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 «Конструирование и расчет механизмов энергетических установок» является ядром третьего этапа сквозного проекта «Расчётное обоснование, верификация и оптимизация», обеспечивая интеграцию знаний из предшествующих общеинженерных дисциплин для выполнения проектировочных и проверочных расчётов деталей и узлов проектируемого двигателя. В пятом семестре изучается раздел «Основы конструирования и расчёта деталей машин», включающий критерии работоспособности, расчёт неразъёмных и разъёмных соединений, зубчатых, конических и червячных передач, валов и осей, подшипников (общие понятия).

В процессе изучения дисциплины используются следующие методы контроля.

Текущее (рубежное) тестирование по модулям

Проводится после завершения изучения каждого из двух модулей пятого семестра. Тестирование осуществляется в письменной или компьютерной форме и включает вопросы закрытого и открытого типа, а также расчётные задачи, направленные на проверку знаний критериев работоспособности, методов расчёта неразъёмных и разъёмных соединений, зубчатых, конических и червячных передач, валов и осей, а также основ выбора подшипников. 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 критерии работоспособности деталей, методы расчёта соединений и передач, обосновывать выбор конструктивных параметров. 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 обосновывать выбор типа соединения, передачи, подшипников для проектируемого узла. Проверяемые индикаторы: ИОПК-3.1, ИОПК-3.2.

Практические занятия

В ходе выполнения практических заданий (определение допускаемых напряжений, расчёт сварных соединений, расчёт резьбовых соединений, расчёт шпоночных и шлицевых соединений, геометрический расчёт зубчатых передач, проверочный расчёт зубчатых передач, проектный и

проверочный расчёт валов) 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 соединений и передач, необходимых для выполнения последующих курсовых проектов. 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 расчётом и конструированием элемента привода или механизма двигателя. Содержание индивидуального задания включает расчёт резьбового соединения (например, крепление головки блока), расчёт зубчатой передачи (например, привода распределительного вала), проектный расчёт вала (например, распределительного вала), выбор подшипников качения для заданного узла. Индивидуальное задание выполняется в форме пояснительной записки объёмом 10–15 страниц с расчётами и эскизами. 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 по итогам пятого семестра проводится в форме экзамена. Экзамен позволяет комплексно оценить знания, умения и навыки студента по разделу «Основы конструирования и расчёта деталей машин». Экзаменационный билет включает два теоретических вопроса (по основным разделам деталей 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 «Конструирование и расчет механизмов энергетических установок» формирует фундаментальные знания, необходимые для выполнения третьего этапа сквозного проекта — «Расчётное обоснование, верификация и оптимизация». В рамках этого этапа студент должен выполнить расчёты соединений, передач, валов, подшипников для проектируемого двигателя, обосновать выбор конструктивных параметров, обеспечить надёжность и долговечность конструкции. 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.

Шестой семестр

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 «Конструирование и расчет механизмов энергетических установок» является **формирующей** для компетенции **ОПК-3**, обеспечивая комплекс теоретических знаний и практических навыков по расчёту и конструированию деталей и сборочных единиц общего и специального назначения, обеспечивающих работоспособность, надёжность и долговечность 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 «Конструирование и расчет механизмов энергетических установок» является ядром третьего этапа сквозного проекта «Расчётное обоснование, верификация и оптимизация», обеспечивая интеграцию знаний из предшествующих общеинженерных дисциплин для выполнения проектировочных и проверочных расчётов деталей и узлов проектируемого двигателя. В шестом семестре изучается раздел «Прикладные вопросы конструирования и расчёта», включающий расчёт подшипников скольжения и качения, выбор муфт приводов, расчёт пружин и упругих элементов, конструирование корпусных деталей, смазочных устройств, а также основы проектирования приводов.

В процессе изучения дисциплины используются следующие методы контроля.

Текущее (рубежное) тестирование по модулям

Проводится после завершения изучения каждого из двух модулей шестого семестра. Тестирование осуществляется в письменной или компьютерной форме и включает вопросы закрытого и открытого типа, а также расчётные задачи, направленные на проверку знаний методов расчёта подшипников скольжения и качения, выбора муфт, расчёта пружин, конструирования корпусных деталей, проектирования смазочных устройств и приводов. 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 расчёта подшипников, выбора муфт, проектирования корпусных деталей, обосновывать выбор конструктивных параметров. 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 обосновывать выбор подшипников, муфт, системы смазки для проектируемого узла. Проверяемые индикаторы: ИОПК-3.1, ИОПК-3.2.

Практические занятия

В ходе выполнения практических заданий (выбор и расчёт подшипников скольжения, расчёт подшипников качения на долговечность, выбор муфты по каталогу, расчёт цилиндрической винтовой пружины, анализ конструктивных особенностей корпусной детали, выбор системы смазки и расчёт основных параметров, кинематический и энергетический расчёт привода) 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 и выбора элементов приводов, необходимых для выполнения последующих курсовых проектов. Проверяемые индикаторы: ИОПК-3.1, ИОПК-3.2.

Лабораторные занятия

В ходе выполнения лабораторных работ студент работает с реальными деталями и узлами: подшипниками скольжения и качения, муфтами, корпусными деталями, элементами систем смазки, редукторами. Оценивается умение идентифицировать типы подшипников, измерять зазоры, выполнять монтаж и демонтаж, изучать конструкции муфт, определять жёсткость пружин, анализировать конструкцию корпусных деталей и систем смазки. Лабораторные работы выполняются в соответствии с методическими указаниями и защищаются студентом путем ответов на контрольные вопросы. 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 выбором и расчётом подшипниковых узлов, муфт, системы смазки для проектируемого двигателя. Содержание индивидуального задания включает расчёт подшипников качения для коленчатого вала или распределительного вала, расчёт подшипников скольжения для шатуна, выбор муфты для привода вспомогательных агрегатов, расчёт клапанной пружины, анализ конструктивных особенностей корпусных деталей, разработку системы смазки узла. Индивидуальное задание выполняется в форме пояснительной записки объёмом 10–15 страниц с расчётами и эскизами. 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 по итогам шестого семестра проводится в форме экзамена. Экзамен позволяет комплексно оценить знания, умения и навыки студента по разделу «Прикладные вопросы конструирования и расчёта». Экзаменационный билет включает два теоретических вопроса (по основным разделам прикладного конструирования) 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 «Конструирование и расчет механизмов энергетических установок» формирует фундаментальные знания, необходимые для выполнения третьего этапа сквозного проекта — «Расчётное обоснование, верификация и оптимизация». В рамках этого этапа студент должен выполнить расчёты подшипниковых узлов, выбрать муфты, рассчитать упругие элементы, разработать систему смазки для проектируемого двигателя, обеспечить надёжность и долговечность конструкции. 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.

7.2 Шкала и критерии оценивания результатов обучения

Пятый семестр

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 критериями работоспособности деталей машин, умеет выполнять расчёт соединений, передач, валов и подшипников. Это свидетельствует о сформированности на пороговом уровне индикаторов ИОПК-3.1 и ИОПК-3.2 в части теоретических основ конструирования и расчёта деталей машин.

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 расчёте соединений и передач, не может выполнить проектный расчёт вала. Студент обязан ликвидировать задолженность по модулю до прохождения следующего рубежного контроля.

Критерии оценки итогового тестирования по курсу

Итоговое тестирование проводится после завершения изучения всех модулей пятого семестра. Тест состоит из 30 заданий, охватывающих весь материал раздела «Основы конструирования и расчёта деталей машин». 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, уверенно выполняет расчёт соединений, передач, валов и подшипников, обосновывает выбор конструктивных параметров. Сформированность индикаторов ИОПК-3.1 и ИОПК-3.2 оценивается на продвинутом уровне, что позволяет студенту успешно выполнить раздел сквозного проекта, связанный с расчётом элементов привода и механизмов двигателя.

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 червячных передач или выбором подшипников. 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 расчёте сварных соединений или проверочном расчёте валов, 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 расчёт соединений и передач, допускает грубые ошибки. Сформированность индикаторов не достигла порогового уровня, что делает невозможным выполнение раздела сквозного проекта по расчёту элементов конструкции без дополнительной подготовки.

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 критериев работоспособности деталей машин, методов расчёта неразъёмных и разъёмных соединений, зубчатых, конических и червячных передач, валов и осей, подшипников. Уверенно и аргументированно отвечает на дополнительные вопросы, свободно владеет профессиональной терминологией. В контексте сквозного проекта такой уровень подготовки позволяет студенту самостоятельно выполнять расчёты элементов конструкции проектируемого двигателя.

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 (например, расчёт подшипников скольжения). 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 выборе методов расчёта, 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 расчёт соединений и передач. Отсутствует понимание критериев работоспособности деталей машин. Не способен ответить на дополнительные вопросы, не владеет профессиональной терминологией. Студент не готов к выполнению раздела сквозного проекта по расчёту элементов конструкции.

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 расчёта соединений, передач, валов, подшипников. 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 проектирования узлов двигателя.

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.

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 расчёта деталей машин, самостоятельно выполняет расчёт соединения (резьбового, сварного, шпоночного), расчёт зубчатой передачи, проектный расчёт вала, выбор подшипников, обосновывает принятые решения. Пояснительная записка оформлена в соответствии с требованиями, содержит все необходимые расчёты и эскизы. При защите студент свободно владеет материалом, аргументированно отвечает на вопросы, демонстрирует понимание влияния конструктивных параметров на работоспособность узла. 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 неполноту в обосновании выбора параметров. Студент демонстрирует понимание методов расчёта, способен выполнять основные расчёты, но может испытывать затруднения при выборе допускаемых напряжений или коэффициентов запаса. 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 расчёта, испытывает значительные затруднения при выборе формул и коэффициентов. 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 расчёта деталей машин, не может выполнить расчёты. 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.

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 критериев работоспособности деталей машин, методов расчёта неразъёмных и разъёмных соединений, зубчатых, конических и червячных передач, валов и осей, подшипников. 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.

Соответствие методов контроля проверяемым индикаторам компетенций

В процессе изучения дисциплины в пятом семестре 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 при решении профессиональных задач (расчёт соединений, передач, валов с использованием уравнений сопротивления материалов, теоретической механики)	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 (расчёт деталей машин, выбор конструктивных параметров, оптимизация конструкций)	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 «Конструирование и расчет механизмов энергетических установок» закладывает содержательную основу для последующего формирования компетенций на этапах расчётного обоснования, верификации и оптимизации, обеспечивая студента знаниями и навыками, необходимыми для проектирования и расчёта соединений, передач, валов и подшипников, а также для выполнения прочностных расчётов и оптимизации конструкции.

Шестой семестр

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 методами расчёта подшипников, выбора муфт, расчёта пружин, конструирования корпусных деталей и систем смазки. Это свидетельствует о сформированности на пороговом уровне индикаторов ИОПК-3.1 и ИОПК-3.2 в части прикладных вопросов конструирования и расчёта.

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 расчёте подшипников, не может выбрать муфту по каталогу, не понимает принципов конструирования корпусных деталей. Студент обязан ликвидировать задолженность по модулю до прохождения следующего рубежного контроля.

Критерии оценки итогового тестирования по курсу

Итоговое тестирование проводится после завершения изучения всех модулей шестого семестра. Тест состоит из 30 заданий, охватывающих весь материал раздела «Прикладные вопросы конструирования и расчёта». 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, уверенно выполняет расчёт подшипников скольжения и качения, выбирает муфты, рассчитывает пружины, проектирует корпусные детали и системы смазки. Сформированность индикаторов ИОПК-3.1 и ИОПК-3.2 оценивается на продвинутом уровне, что позволяет студенту успешно выполнить раздел сквозного проекта, связанный с выбором и расчётом подшипниковых узлов, муфт и системы смазки.

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 гидродинамическим расчётом подшипников скольжения или выбором муфт по специальным условиям. 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 расчёте подшипников качения на долговечность или при выборе системы смазки, 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 расчёт подшипников и муфт, допускает грубые ошибки. Сформированность индикаторов не достигла порогового уровня, что делает невозможным выполнение раздела сквозного проекта по выбору подшипниковых узлов и систем смазки без дополнительной подготовки.

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 методов расчёта подшипников скольжения и качения, выбора муфт, расчёта пружин, конструирования корпусных деталей, проектирования смазочных устройств и приводов. Уверенно и аргументированно отвечает на дополнительные вопросы, свободно владеет профессиональной терминологией. В контексте сквозного проекта такой уровень подготовки позволяет студенту самостоятельно выполнять расчёты подшипниковых узлов и систем смазки проектируемого двигателя.

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 от-

вете на уточняющие вопросы или при объяснении сложных разделов (например, гидродинамическая теория смазки). 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 выборе методов расчёта, 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 расчёт подшипников и муфт. Отсутствует понимание принципов конструирования узлов. Не способен ответить на дополнительные вопросы, не владеет профессиональной терминологией. Студент не готов к выполнению раздела сквозного проекта по выбору подшипниковых узлов.

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 расчёта подшипников, выбора муфт, расчёта пружин, проектирования корпусных деталей и систем смазки. 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 проектирования подшипниковых узлов и систем смазки двигателя.

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.

Критерии оценки лабораторных работ

Оценка «зачтено» выставляется студенту, который выполнил лабораторную работу в полном объёме, в установленные сроки. Студент продемонстрировал умение работать с оборудованием, деталями и измерительными инструментами, идентифицировать типы подшипников, измерять зазоры, выполнять монтаж и демонтаж, определять жёсткость пружин, анализировать конструкции корпусных деталей и систем смазки. При защите работы студент показывает понимание цели и методики проведения работы, уверенно отвечает на контрольные вопросы, правильно интерпретирует полученные результаты. Отчёт оформлен в соответствии с требованиями. Успешное выполнение лабораторных работ позволяет студенту получить практический опыт работы с реальными узлами, необходимый для конструирования в рамках сквозного проекта.

Оценка «не зачтено» выставляется студенту, который не выполнил лабораторную работу, выполнил её не в полном объёме, или выполнил с грубыми ошибками. При защите студент не понимает цели и методики работы, не может ответить на контрольные вопросы, допускает грубые ошибки в интерпретации результатов. Отсутствует отчёт или он оформлен с грубыми нарушениями требований. Студент обязан выполнить лабораторную работу повторно в установленные преподавателем сроки.

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 расчёта подшипников, выбора муфт, расчёта пружин, конструирования корпусных деталей и систем смазки, самостоятельно выполняет расчёты, обосновывает принятые решения. Пояснительная записка оформлена в соответствии с требованиями, содержит все необходимые расчёты и эскизы. При защите студент свободно владеет материалом, аргументированно отвечает на вопросы, демонстрирует понимание влияния конструктивных параметров на работоспособность узла. 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 неполноту в обосновании выбора параметров. Студент демонстрирует понимание методов расчёта, способен выполнять основные расчёты, но может испытывать затруднения при выборе коэффициентов или допускаемых напряжений. 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 расчёта, испытывает значительные затруднения при выборе формул и коэффициентов. 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 расчёта, не может выполнить расчёты. 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.

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 методов расчёта подшипников скольжения и качения, выбора муфт, расчёта пружин, конструирования корпусных деталей, проектирования смазочных устройств и приводов. 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.

Соответствие методов контроля проверяемым индикаторам компетенций

В процессе изучения дисциплины в шестом семестре 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 при решении профессиональных задач (расчёт подшипников, муфт, пружин с использованием уравнений гидродинамики, теории упругости, дифференциальных уравнений)	Текущее тестирование, устный опрос, практические занятия, лабораторные работы, индивидуальное задание, экзамен
ИОПК-3.2	Умеет применять методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач (расчёт подшипниковых узлов, выбор муфт, проектирование систем смазки, анализ конструктивных решений)	Текущее тестирование, устный опрос, практические занятия, лабораторные работы, индивидуальное задание, экзамен

Оценка сформированности знаний и навыков осуществляется комплексно с использованием всех методов контроля. Результаты текущего и итогового тестирования, устных опросов, выполнения практических и лабораторных работ, 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 «Конструирование и расчет механизмов энергетических установок» закладывает содержательную основу для последующего формирования компетенций на этапах расчётного обоснования, верификации и оптимизации, обеспечивая студента знаниями и навыками, необходимыми для выбора и расчёта подшипниковых узлов, муфт, пружин, систем смазки, а также для выполнения прочностных расчётов и оптимизации конструкции.

7.3 Оценочные средства

7.3.1 Текущий контроль

Пятый семестр

Модульная структура дисциплины (пятый семестр)

Дисциплина изучается в 5-м и 6-м семестрах. Пятый семестр посвящён разделу «Основы конструирования и расчёта деталей машин». Семестр делится на два равных модуля (периода), каждый из которых включает определённые темы.

Модуль 1 (недели 1–8) — Основы конструирования. Соединения деталей машин

Включает темы: Тема 1. Введение. Основные понятия и критерии работоспособности; Тема 2. Соединения деталей машин (неразъёмные); Тема 3. Резьбовые соединения; Тема 4. Шпоночные и шлицевые соединения.

Модуль 2 (недели 9–16) — Зубчатые передачи. Валы и оси. Подшипники

Включает темы: Тема 5. Зубчатые передачи. Цилиндрические зубчатые передачи; Тема 6. Конические и червячные передачи; Тема 7. Валы и оси; Тема 8. Подшипники (общие понятия для 5 семестра).

Рубежный контроль по модулям (устный опрос/собеседование)

Модуль 1. Основы конструирования. Соединения деталей машин

Перечень вопросов для собеседования:

1. Цели и задачи дисциплины. Роль курса «Детали машин» в инженерной подготовке и в расчётном обосновании при проектировании двигателей.
2. Основные понятия: машина, механизм, деталь, сборочная единица (узел). Требования, предъявляемые к машинам и их деталям.
3. Критерии работоспособности деталей машин: прочность, жёсткость, износостойкость, теплостойкость, виброустойчивость. Надёжность как комплексное свойство.
4. Основы расчётов на прочность при постоянных и переменных нагрузках.
5. Классификация соединений. Неразъёмные соединения. Сварные соединения: типы сварных швов (стыковые, угловые), их расчёт на прочность при различных видах нагружения.

6. Допускаемые напряжения для сварных швов. Паяные и клеевые соединения: конструкция, расчёт, применение.

7. Заклёпочные соединения: конструкция, расчёт на прочность, области применения. Соединения с натягом (прессовые): расчёт прочности соединения по величине натяга, способы сборки.

8. Классификация резьб (метрическая, дюймовая, трапецеидальная, упорная). Основные геометрические параметры резьбы.

9. Стандартные крепёжные детали (болты, винты, шпильки, гайки, шайбы). Способы стопорения резьбовых соединений.

10. Распределение нагрузки по виткам резьбы. Расчёт резьбовых соединений: затянутое соединение, нагруженное внешней осевой силой (случаи с предварительной затяжкой и без неё).

11. Расчёт болтов, нагруженных поперечной силой (установка с зазором и без зазора). Расчёт группы болтов. Примеры расчёта крепления головки блока цилиндров, крышек подшипников.

12. Назначение и классификация шпоночных соединений (призматические, сегментные, клиновые). Конструкция и расчёт призматических шпонок на смятие и срез.

13. Стандартные размеры шпонок и шпоночных пазов. Назначение и типы шлицевых (зубчатых) соединений (прямобочные, эвольвентные, треугольные).

14. Методы центрирования втулки на валу. Расчёт шлицевых соединений на смятие и износ. Применение шпоночных и шлицевых соединений в приводе газораспределительного механизма, в соединениях валов с шестернями и муфтами.

Модуль 2. Зубчатые передачи. Валы и оси. Подшипники

Перечень вопросов для собеседования:

1. Общие сведения о зубчатых передачах, их классификация, достоинства и недостатки. Основы теории зубчатого зацепления (эвольвентное зацепление).

2. Основные геометрические параметры цилиндрических зубчатых колёс (модуль, число зубьев, делительный диаметр, диаметры вершин и впадин, межосевое расстояние). Передаточное число.

3. Материалы и термообработка зубчатых колёс. Виды разрушения зубьев. Критерии работоспособности закрытых и открытых передач.

4. Расчёт цилиндрических зубчатых передач на контактную прочность и изгибную выносливость. Особенности расчёта косозубых и шевронных колёс.

5. Примеры расчёта зубчатых передач в приводе газораспределения, масляного насоса.

6. Конические зубчатые передачи: конструкция, геометрические параметры, особенности расчёта на контактную прочность и изгиб. Передачи с прямыми и круговыми зубьями.

7. Червячные передачи: конструкция, геометрические параметры (модуль, коэффициент диаметра червяка, число заходов). Материалы червяка и червячного колеса.

8. КПД червячной передачи, тепловой расчёт. Особенности расчёта червячных передач на прочность. Применение в механизмах регулировки, приводах.

9. Назначение и классификация валов и осей. Конструктивные элементы валов. Материалы валов.

10. Проектный и проверочный расчёты валов. Проектный расчёт на кручение (ориентировочный). Проверочный расчёт на статическую прочность и сопротивление усталости.

11. Расчёт валов на жёсткость. Выбор формы и размеров ступеней вала. Примеры расчёта коленчатого и распределительного валов двигателя (общие принципы).

12. Общее понятие об опорах валов и осей. Классификация подшипников: подшипники скольжения и подшипники качения. Области применения, достоинства и недостатки.

13. Основные типы и условные обозначения подшипников качения. Понятие о динамической и статической грузоподъёмности. Введение в расчёт подшипников качения на долговечность.

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 (умение применять физико-математический аппарат и методы анализа при расчёте деталей машин).

Пример тестовых заданий (один вариант)

1. **Какой критерий работоспособности характеризует способность детали сопротивляться деформациям под нагрузкой?**
   - A) Прочность
   - B) Жёсткость
   - C) Износостойкость
   - D) Теплостойкость

   Правильный ответ: B
2. **Какое соединение относится к неразъёмным?**
   - A) Резьбовое
   - B) Шпоночное
   - C) Сварное
   - D) Шлицевое

   Правильный ответ: C
3. **Какой параметр является основным для цилиндрической зубчатой передачи?**
   - A) Модуль зацепления
   - B) Число зубьев
   - C) Диаметр вершин
   - D) Ширина венца

   Правильный ответ: A
4. **Какой расчёт выполняется для вала на этапе проектирования?**
   - A) Проверочный на статическую прочность
   - B) Проверочный на усталость
   - C) Проектный на кручение
   - D) Расчёт на жёсткость

   Правильный ответ: C
5. **Какая резьба является стандартной для крепёжных соединений в России?**
   - A) Дюймовая
   - B) Трапецеидальная
   - C) Метрическая
   - D) Упорная

   Правильный ответ: C

Оценочные средства для индивидуального задания в рамках сквозного проекта (5 семестр)

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 расчётом и конструированием элемента привода или механизма двигателя. Проверяемые индикаторы: ИОПК-3.1, ИОПК-3.2.

Содержание индивидуального задания:

Индивидуальное задание включает в себя выполнение следующих этапов:

1. **Расчёт резьбового соединения.** Для заданного узла двигателя (крепление головки блока цилиндров, крышки подшипника, фланцевое соединение) выполнить расчёт резьбового соединения. Определить усилие затяжки, подобрать диаметр болта (шпильки), проверить прочность соединения.

2. **Расчёт шпоночного или шлицевого соединения.** Для заданного вала с насаженной деталью (зубчатое колесо, шкив) выполнить расчёт шпоночного или шлицевого соединения. Подобрать стандартную шпонку или определить параметры шлицевого соединения, проверить прочность соединения.

3. **Геометрический и проверочный расчёт зубчатой передачи.** Для заданной зубчатой передачи (цилиндрической, конической или червячной) выполнить геометрический расчёт, определить геометрические параметры колёс. Выполнить проверочный расчёт на контактную прочность и изгибную выносливость.

4. **Проектный расчёт вала.** Для заданного вала (распределительного, промежуточного) выполнить проектный расчёт на кручение, определить диаметры ступеней вала. Выбрать материал и допускаемые напряжения.

5. **Выбор подшипников качения.** Для заданного вала (на основе результатов расчёта) выбрать подшипники качения. Выполнить расчёт на долговечность (по динамической грузоподъёмности).

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 выбранного узла;
- основную часть, содержащую расчёт соединения, расчёт передачи, расчёт вала, выбор подшипников;
- эскизы (чертежи) рассчитанных деталей;
- заключение с выводами по результатам выполненной работы;
- список использованных источников.

Примерные темы индивидуальных заданий:

1. Расчёт резьбового соединения крепления головки блока цилиндров и выбор материала.
2. Расчёт шпоночного соединения для крепления зубчатого колеса на распределительном валу.
3. Геометрический и проверочный расчёт цилиндрической зубчатой передачи привода масляного насоса.
4. Проектный расчёт распределительного вала и выбор подшипников качения.
5. Расчёт червячной передачи привода регулировочного механизма.
6. Расчёт шлицевого соединения для крепления шестерни на валу привода ГРМ.

Оценочные средства для практических занятий (5 семестр)

Типовые задания для практических занятий

Модуль 1. Основы конструирования. Соединения деталей машин

Задание 1. Определение допускаемых напряжений для различных материалов

Для заданных материалов (сталь, чугун, алюминиевый сплав) определить допускаемые напряжения на растяжение, сжатие, кручение. Обосновать выбор коэффициентов запаса прочности.

Задание 2. Расчёт сварных соединений (стыковых и угловых швов)

Для заданной конструкции (балка, рама) определить необходимую длину сварного шва или толщину стенки. Выполнить расчёт стыкового шва на растяжение, углового шва на срез.

Задание 3. Расчёт прессовых соединений

Для заданного сопряжения вал-втулка определить необходимый натяг для передачи заданного крутящего момента. Выбрать стандартную посадку.

Задание 4. Расчёт резьбовых соединений: затянутый болт под нагрузкой

Для заданного соединения (крепление крышки) определить силу затяжки, подобрать диаметр болта. Проверить прочность болта.

Задание 5. Расчёт группы болтов (фланцевое соединение)

Для заданного фланцевого соединения (например, фланец трубопровода) определить усилия, действующие на болты, подобрать диаметр болтов. Выполнить расчёт на прочность.

Задание 6. Расчёт призматических шпоночных соединений

Для заданных параметров вала и ступицы (диаметр, передаваемый момент) подобрать стандартную шпонку и проверить её на смятие и срез.

Задание 7. Расчёт прямобочных шлицевых соединений

Для заданных параметров вала и ступицы (диаметр, передаваемый момент) подобрать шлицевое соединение и проверить его на смятие.

Модуль 2. Зубчатые передачи. Валы и оси. Подшипники

Задание 8. Геометрический расчёт цилиндрической зубчатой передачи

Для заданных параметров (модуль m, числа зубьев z1, z2, угол наклона зуба β) определить геометрические параметры: делительные диаметры, диаметры вершин и впадин, межосевое расстояние. Выполнить проверку на отсутствие подрезания.

Задание 9. Проверочный расчёт зубчатой передачи на контактную прочность и изгиб

Для заданных параметров зубчатой передачи (модуль, числа зубьев, ширина венца, материал, передаваемая мощность) выполнить проверочный расчёт. Определить коэффициенты запаса прочности.

Задание 10. Расчёт конической зубчатой передачи

Для заданных параметров (модуль, числа зубьев, угол делительного конуса) определить геометрические параметры конической передачи. Выполнить проверочный расчёт.

Задание 11. Тепловой и прочностной расчёт червячной передачи

Для заданной червячной передачи (модуль, число заходов червяка, числа зубьев колеса, материал) определить КПД, выполнить тепловой расчёт. Выполнить проверочный расчёт на прочность.

Задание 12. Проектный расчёт вала на кручение. Выбор формы ступеней вала

Для заданного передаваемого момента и материала вала определить диаметр вала из условия прочности на кручение. Выбрать форму ступеней вала для установки подшипников и насаживаемых деталей.

Задание 13. Проверочный расчёт вала на статическую прочность и усталость

Для заданной схемы нагружения вала построить эпюры изгибающих и крутящих моментов. Определить опасные сечения. Выполнить проверочный расчёт на статическую прочность и сопротивление усталости.

Оценочные средства для курсовой работы (проекта) — 5 семестр

Курсовой проект (курсовая работа) по дисциплине в пятом семестре не предусмотрены учебным планом. Курсовой проект выполняется в шестом семестре как завершающий этап изучения дисциплины.

Шестой семестр

Модульная структура дисциплины (шестой семестр)

Дисциплина изучается в 5-м и 6-м семестрах. Шестой семестр посвящён разделу «Прикладные вопросы конструирования и расчёта». Семестр делится на два равных модуля (периода), каждый из которых включает определённые темы.

Модуль 1 (недели 1–8) — Подшипники. Муфты. Пружины

Включает темы: Тема 9. Подшипники скольжения; Тема 10. Подшипники качения; Тема 11. Муфты приводов; Тема 12. Пружины и упругие элементы.

Модуль 2 (недели 9–16) — Корпусные детали. Смазка. Проектирование приводов

Включает темы: Тема 13. Корпусные детали и их проектирование; Тема 14. Смазочные устройства и системы смазки; Тема 15. Основы проектирования приводов.

Рубежный контроль по модулям (устный опрос/собеседование)

Модуль 1. Подшипники. Муфты. Пружины

Перечень вопросов для собеседования:

1. Общие сведения о подшипниках скольжения, конструкция, материалы вкладышей. Условия работы подшипников скольжения. Режимы жидкостного, полужидкостного и граничного трения.

2. Гидродинамическая теория смазки. Расчёт подшипников скольжения на жидкостное трение (расчёт по критериям: среднее давление, произведение давления на скорость, определение минимальной толщины масляного слоя).

3. Смазочные материалы для подшипников скольжения. Области применения подшипников скольжения в двигателях (коренные и шатунные подшипники, поршневой палец).

4. Классификация подшипников качения по форме тел качения (шариковые, роликовые), по направлению воспринимаемой нагрузки (радиальные, радиально-упорные, упорные), по основным конструктивным признакам. Серии подшипников.

5. Система условных обозначений подшипников. Материалы деталей подшипников. Виды разрушений и критерии работоспособности.

6. Расчёт подшипников качения на долговечность (по динамической грузоподъёмности). Выбор подшипников по статической грузоподъёмности.

7. Конструирование подшипниковых узлов (схемы установки, смазка, уплотнения). Применение подшипников качения в двигателях (вспомогательные агрегаты, коробки передач).

8. Назначение и классификация муфт. Управляемые и неуправляемые (постоянные) муфты. Глухие муфты (втулочные, фланцевые).

9. Компенсирующие муфты (зубчатые, цепные, кулачково-дисковые, упругие втулочно-пальцевые, с резиновой звёздочкой). Упругие муфты, их роль в снижении динамических нагрузок.

10. Сцепные управляемые муфты (кулачковые, фрикционные). Самоуправляемые муфты (предохранительные, обгонные, центробежные). Основы расчёта и выбора муфт. Применение в приводах вспомогательных агрегатов.

11. Назначение и классификация пружин (винтовые цилиндрические, конические, тарельчатые, торсионные, рессоры). Материалы для пружин (пружинные стали).

12. Основные параметры пружин. Расчёт и конструирование цилиндрических винтовых пружин растяжения и сжатия. Определение размеров, жёсткости и потенциальной энергии.

13. Пружины кручения. Примеры применения пружин в двигателях (клапанные пружины, пружины толкателей, уплотнительные элементы).

Модуль 2. Корпусные детали. Смазка. Проектирование приводов

Перечень вопросов для собеседования:

1. Назначение корпусных деталей (блок цилиндров, картер, корпуса редукторов, насосов). Материалы корпусных деталей (чугун, алюминиевые сплавы, сварные стальные конструкции).

2. Конструирование корпусов: обеспечение прочности, жёсткости, технологичности, удобства сборки и обслуживания.

3. Расчёт корпусных деталей (общие принципы, определение напряжений в опасных сечениях). Фланцевые соединения, рёбра жёсткости, бобышки, приливы.

4. Назначение смазки. Виды трения. Масла и пластичные смазки, их свойства и классификация. Способы подвода смазки (индивидуальный и централизованный).

5. Смазочные устройства: маслёнки, фитили, масляные ванны, циркуляционные системы. Системы смазки двигателей внутреннего сгорания (разбрызгиванием, под давлением, комбинированные).

6. Фильтрация масла. Уплотнительные устройства (манжеты, сальники, прокладки), их выбор и расчёт.

7. Общая схема механического привода от двигателя к рабочему органу (трансмиссия автомобиля, приводы вспомогательных агрегатов). Выбор кинематической схемы.

8. Определение мощности на рабочих валах, частот вращения, крутящих моментов. Выбор стандартных изделий (электродвигателей, редукторов, муфт).

9. Этапы проектирования привода. Примеры проектирования простых приводов (привод масляного насоса, привод вентилятора).

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 (умение применять физико-математический аппарат и методы анализа при расчёте подшипников, муфт, пружин).

Пример тестовых заданий (один вариант)

1. **Какой режим трения в подшипнике скольжения характеризуется наличием разделяющего слоя смазки, полностью исключающего контакт поверхностей?**
   - A) Граничное трение
   - B) Жидкостное трение
   - C) Смешанное трение
   - D) Сухое трение

   Правильный ответ: B

2. **Какой параметр используется для расчёта подшипников качения на долговечность?**
   - A) Статическая грузоподъёмность
   - B) Динамическая грузоподъёмность
   - C) Предел выносливости
   - D) Коэффициент трения

   Правильный ответ: B

3. **Какая муфта относится к упругим компенсирующим муфтам?**
   - A) Кулачковая
   - B) Фланцевая
   - C) Упругая втулочно-пальцевая
   - D) Обгонная

   Правильный ответ: C

4. **Какой материал чаще всего используется для изготовления корпусных деталей двигателя?**
   - A) Сталь
   - B) Чугун или алюминиевый сплав
   - C) Титан
   - D) Пластмасса

   Правильный ответ: B

5. **Какой параметр пружины характеризует её способность сопротивляться деформации?**
   - A) Длина пружины
   - B) Диаметр проволоки
   - C) Жёсткость
   - D) Число витков

   Правильный ответ: C

Оценочные средства для индивидуального задания в рамках сквозного проекта (6 семестр)

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 выбором и расчётом подшипниковых узлов, муфт, системы смазки для проектируемого двигателя. Проверяемые индикаторы: ИОПК-3.1, ИОПК-3.2.

Содержание индивидуального задания:

Индивидуальное задание включает в себя выполнение следующих этапов:

1. **Выбор и расчёт подшипников качения.** Для заданного вала (коленчатого, распределительного или вала вспомогательного агрегата) на основе ранее выполненного проектного расчёта выбрать подшипники качения. Определить действующие нагрузки, выполнить расчёт на долговечность (по динамической грузоподъёмности). Выбрать схему установки подшипников, способ смазки и уплотнения.

2. **Расчёт подшипников скольжения.** Для шатунного или коренного подшипника двигателя выполнить ориентировочный расчёт подшипника скольжения. Определить среднее давление, произведение давления на скорость, оценить возможность обеспечения жидкостного трения.

3. **Выбор муфты.** Для привода вспомогательного агрегата (масляный насос, водяной насос, генератор) выбрать муфту. Определить расчётный крутящий момент, подобрать типоразмер муфты по каталогу. Обосновать выбор типа муфты.

4. **Расчёт клапанной пружины.** Для заданных параметров клапанного механизма (масса клапана, максимальная скорость, частота вращения) выполнить расчёт цилиндрической винтовой пружины. Определить жёсткость, усилия, геометрические параметры пружины, проверить на резонанс.

5. **Анализ конструктивных особенностей корпусной детали.** Для заданной корпусной детали (блок цилиндров, головка блока, корпус насоса) выполнить анализ конструкции. Оценить технологичность, наличие рёбер жёсткости, удобство сборки. Предложить возможные улучшения конструкции.

6. **Разработка системы смазки узла.** Для выбранного узла (подшипниковый узел, зубчатая передача) разработать систему смазки. Выбрать тип смазки (жидкостная, пластичная), определить необходимое количество смазочного материала, подобрать уплотнения.

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 выбранного узла;
- основную часть, содержащую расчёт подшипников, выбор муфты, расчёт пружины, анализ корпусной детали, разработку системы смазки;
- эскизы (чертежи) рассчитанных деталей и узлов;
- заключение с выводами по результатам выполненной работы;
- список использованных источников.

Примерные темы индивидуальных заданий:

1. Выбор и расчёт подшипников качения для распределительного вала двигателя.
2. Расчёт шатунного подшипника скольжения двигателя внутреннего сгорания.
3. Выбор муфты для привода масляного насоса двигателя.
4. Расчёт клапанной пружины газораспределительного механизма.
5. Анализ конструктивных особенностей блока цилиндров и разработка рекомендаций по его усовершенствованию.
6. Разработка системы смазки подшипникового узла коленчатого вала.
7. Расчёт и конструирование пружины для муфты сцепления.

Оценочные средства для практических занятий (6 семестр)

Типовые задания для практических занятий

Модуль 1. Подшипники. Муфты. Пружины

Задание 1. Выбор и расчёт подшипников скольжения для заданных условий работы

Для заданных параметров подшипника скольжения (нагрузка, диаметр вала, частота вращения, материал вкладыша) определить среднее давление, произведение давления на скорость, минимальную толщину масляного слоя. Сделать вывод о возможности обеспечения жидкостного трения.

Задание 2. Расчёт подшипников качения на долговечность

Для заданного вала с радиальной нагрузкой Fr = 5000 Н и осевой нагрузкой Fa = 2000 Н при частоте вращения n = 1500 об/мин выбрать радиально-упорный шарикоподшипник. Определить требуемую динамическую грузоподъёмность. Выбрать подшипник по каталогу и проверить его долговечность.

Задание 3. Выбор муфты по каталогу в зависимости от крутящего момента и диаметров валов

Для заданных параметров: передаваемый крутящий момент T = 500 Н·м, диаметры валов d1 = 40 мм, d2 = 45 мм. Выбрать упругую втулочно-пальцевую муфту по каталогу. Указать типоразмер, габаритные размеры, допустимый момент.

Задание 4. Расчёт цилиндрической винтовой пружины сжатия

Для заданной пружины (сила F = 200 Н при рабочей деформации f = 20 мм) определить жёсткость, диаметр проволоки, число витков, длину пружины в свободном состоянии. Принять материал пружины — сталь 65Г, допускаемое напряжение [τ] = 500 МПа.

Модуль 2. Корпусные детали. Смазка. Проектирование приводов

Задание 5. Анализ конструктивных особенностей корпусной детали

По заданному чертежу или 3D-модели корпусной детали (блок цилиндров, головка блока, корпус редуктора) выполнить анализ: определить материал, способ получения заготовки, наличие рёбер жёсткости, бобышек, приливов. Оценить технологичность конструкции. Предложить возможные улучшения.

Задание 6. Выбор системы смазки и расчёт основных параметров (подача насоса)

Для заданного узла (подшипниковый узел, зубчатая передача) выбрать систему смазки. Определить необходимое количество смазочного материала. Для циркуляционной системы смазки рассчитать подачу масляного насоса.

Задание 7. Кинематический и энергетический расчёт привода

Для заданной кинематической схемы привода (электродвигатель — редуктор — рабочий вал) определить общее передаточное отношение, распределить его по ступеням. Определить мощности, частоты вращения и крутящие моменты на всех валах.

Задание 8. Разработка эскизного проекта привода и выбор стандартных изделий

На основе кинематического расчёта выбрать стандартный редуктор, электродвигатель, муфты. Выполнить эскизную компоновку привода.

Оценочные средства для лабораторных занятий (6 семестр)

Перечень лабораторных работ и контрольные вопросы для защиты

Лабораторная работа №1. Изучение конструкции подшипников скольжения. Измерение зазоров

Краткое содержание: изучение конструкции подшипников скольжения (вкладыши, материалы). Измерение диаметров вала и отверстия вкладыша, определение зазора. Оценка износа.

Контрольные вопросы для защиты:

- Какие типы подшипников скольжения применяются в двигателях?
- Из каких материалов изготавливаются вкладыши?
- Как измеряется зазор в подшипнике скольжения?
- Каковы признаки износа подшипника скольжения?

Лабораторная работа №2. Изучение конструкции подшипников качения. Определение динамической грузоподъёмности

Краткое содержание: изучение конструкции подшипников качения различных типов. Расшифровка условного обозначения. Определение динамической грузоподъёмности по каталогу.

Контрольные вопросы для защиты:

- Как классифицируются подшипники качения?
- Что обозначает условное обозначение подшипника?
- Что такое динамическая грузоподъёмность?
- Как выбрать подшипник по каталогу?

Лабораторная работа №3. Монтаж и демонтаж подшипников качения. Регулировка зазоров

Краткое содержание: выполнение монтажа и демонтажа подшипников качения с использованием съёмников. Регулировка осевого зазора подшипникового узла.

Контрольные вопросы для защиты:

- Какие инструменты используются для монтажа подшипников?
- Как выполняется демонтаж подшипников?
- Как регулируется осевой зазор в подшипниковом узле?
- Какие последствия могут возникнуть при неправильном монтаже подшипников?

Лабораторная работа №4. Изучение конструкций муфт приводов

Краткое содержание: изучение конструкций различных типов муфт (фланцевые, зубчатые, упругие втулочно-пальцевые, кулачковые). Определение области применения каждой муфты.

Контрольные вопросы для защиты:

- Какие типы муфт существуют?
- Для чего применяются упругие муфты?
- Как выбрать муфту по каталогу?
- Каковы признаки неисправности муфты?

Лабораторная работа №5. Определение жёсткости и проверка характеристик цилиндрической пружины

Краткое содержание: испытание цилиндрической винтовой пружины. Определение жёсткости пружины. Сравнение с расчётным значением.

Контрольные вопросы для защиты:

- Как определяется жёсткость пружины?
- Какие параметры влияют на жёсткость пружины?
- Как проверить пружину на резонанс?
- Какие материалы применяются для изготовления пружин?

Лабораторная работа №6. Изучение конструкции корпусной детали (блока цилиндров или редуктора)

Краткое содержание: изучение конструкции корпусной детали (блок цилиндров, корпус редуктора). Определение материала, способа изготовления, конструктивных элементов (рёбра жёсткости, бобышки, приливы).

Контрольные вопросы для защиты:

- Какие материалы используются для корпусных деталей?
- Для чего нужны рёбра жёсткости?
- Как обеспечивается герметичность корпусных деталей?
- Каковы требования к технологичности корпусных деталей?

Лабораторная работа №7. Изучение элементов системы смазки двигателя (масляный насос, фильтр, магистрали)

Краткое содержание: изучение конструкции масляного насоса, масляного фильтра, масляных магистралей. Определение типа насоса, принципа работы, путей движения масла.

Контрольные вопросы для защиты:

- Какие типы масляных насосов применяются в двигателях?
- Как работает шестеренчатый масляный насос?
- Для чего нужен редукционный клапан?
- Какие бывают масляные фильтры?

Лабораторная работа №8. Изучение конструкции одноступенчатого редуктора. Определение передаточного числа

Краткое содержание: изучение конструкции одноступенчатого цилиндрического редуктора. Определение передаточного числа, геометрических параметров зубчатых колёс. Разборка и сборка редуктора.

Контрольные вопросы для защиты:

- Из каких основных деталей состоит редуктор?
- Как определить передаточное число редуктора?
- Для чего предназначен редуктор?
- Какие типы редукторов существуют?

Лабораторная работа №9. Изучение конструкции привода вентилятора системы охлаждения

Краткое содержание: изучение конструкции привода вентилятора (ременная передача, вязкостная муфта, электрический привод). Определение типа привода, принципа работы, особенностей конструкции.

Контрольные вопросы для защиты:

- Какие типы приводов вентилятора применяются в двигателях?
- Как работает вязкостная муфта?
- Каковы преимущества электрического привода вентилятора?
- Как регулируется частота вращения вентилятора?

Оценочные средства для курсовой работы (проекта) — 6 семестр

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, Б1.2.4, Б1.2.8) и в выпускной квалификационной работе для выбора подшипников, муфт, проектирования систем смазки.

7.3.2 Промежуточная аттестация (экзамен)

Пятый семестр

Условия допуска к экзамену

Студент допускается к сдаче экзамена по итогам пятого семестра 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 (расчёт соединений, передач, вала) 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): Основы конструирования, соединения деталей машин (сварные, резьбовые, шпоночные, шлицевые).
- **Вопрос 2** (Модуль 2): Зубчатые передачи, валы и оси, подшипники.
- **Задание 3**: Расчётная задача (расчёт резьбового соединения, шпоночного соединения, зубчатой передачи, вала).

Типовые экзаменационные билеты

Экзаменационный билет №1

Вопрос 1 (Модуль 1)

Резьбовые соединения. Классификация резьб. Основные геометрические параметры резьбы. Стандартные крепёжные детали. Расчёт затянутого резьбового соединения, нагруженного внешней осевой силой. Пример расчёта крепления головки блока цилиндров.

Вопрос 2 (Модуль 2)

Цилиндрические зубчатые передачи. Основные геометрические параметры. Расчёт на контактную прочность и изгибную выносливость. Материалы и термообработка зубчатых колёс. Примеры применения в двигателестроении.

Задание 3

Для резьбового соединения (болт М12) определить силу предварительной затяжки, если известно, что момент затяжки составляет 50 Н·м. Коэффициент трения в резьбе f = 0,15, средний диаметр резьбы d2 = 10,9 мм. Определить возникающее в болте напряжение растяжения.

Экзаменационный билет №2

Вопрос 1 (Модуль 1)

Сварные соединения. Типы сварных швов (стыковые, угловые). Расчёт стыковых и угловых швов на прочность при различных видах нагружения. Допускаемые напряжения для сварных швов. Применение сварных соединений в двигателестроении.

Вопрос 2 (Модуль 2)

Валы и оси. Назначение и классификация. Конструктивные элементы валов. Проектный расчёт валов на кручение. Проверочный расчёт валов на статическую прочность и сопротивление усталости. Примеры расчёта коленчатого и распределительного валов.

Задание 3

Для цилиндрической зубчатой передачи с параметрами: модуль m = 2 мм, числа зубьев z1 = 20, z2 = 60, ширина венца b = 30 мм, материал сталь 40Х с пределом контактной выносливости σHlim = 900 МПа. Определить допускаемое контактное напряжение [σH] при коэффициенте запаса SH = 1,2.

Экзаменационный билет №3

Вопрос 1 (Модуль 1)

Шпоночные и шлицевые соединения. Назначение, классификация. Расчёт призматических шпонок на смятие и срез. Расчёт шлицевых соединений на смятие и износ. Применение в двигателестроении.

Вопрос 2 (Модуль 2)

Подшипники качения. Классификация, типы, условные обозначения. Критерии работоспособности. Расчёт подшипников качения на долговечность (по динамической грузоподъёмности). Выбор подшипников.

Задание 3

Для вала диаметром d = 40 мм, передающего крутящий момент T = 200 Н·м, подобрать призматическую шпонку. Проверить прочность шпонки на смятие и срез. Материал шпонки — сталь 45, допускаемые напряжения [σсм] = 120 МПа, [τср] = 80 МПа.

Полный перечень теоретических вопросов к экзамену по каждой теме (5 семестр)

Модуль 1. Основы конструирования. Соединения деталей машин

1. Цели и задачи дисциплины. Роль курса «Детали машин» в инженерной подготовке и в расчётном обосновании при проектировании двигателей.
2. Основные понятия: машина, механизм, деталь, сборочная единица (узел). Требования, предъявляемые к машинам и их деталям.
3. Критерии работоспособности деталей машин: прочность, жёсткость, износостойкость, теплостойкость, виброустойчивость. Надёжность как комплексное свойство.
4. Основы расчётов на прочность при постоянных и переменных нагрузках.
5. Классификация соединений. Неразъёмные соединения. Сварные соединения: типы сварных швов, их расчёт на прочность.
6. Допускаемые напряжения для сварных швов. Паяные и клеевые соединения.
7. Заклёпочные соединения. Соединения с натягом (прессовые).
8. Классификация резьб. Основные геометрические параметры резьбы.
9. Стандартные крепёжные детали. Способы стопорения резьбовых соединений.
10. Распределение нагрузки по виткам резьбы. Расчёт резьбовых соединений: затянутое соединение, нагруженное внешней осевой силой.
11. Расчёт болтов, нагруженных поперечной силой. Расчёт группы болтов.
12. Назначение и классификация шпоночных соединений. Конструкция и расчёт призматических шпонок.
13. Стандартные размеры шпонок и шпоночных пазов. Назначение и типы шлицевых соединений.
14. Методы центрирования втулки на валу. Расчёт шлицевых соединений. Применение в двигателестроении.

Модуль 2. Зубчатые передачи. Валы и оси. Подшипники

15. Общие сведения о зубчатых передачах, их классификация. Основы теории зубчатого зацепления.

16. Основные геометрические параметры цилиндрических зубчатых колёс. Передаточное число.

17. Материалы и термообработка зубчатых колёс. Виды разрушения зубьев. Критерии работоспособности.

18. Расчёт цилиндрических зубчатых передач на контактную прочность и изгибную выносливость. Особенности расчёта косозубых и шевронных колёс.

19. Конические зубчатые передачи: конструкция, геометрические параметры, особенности расчёта.

20. Червячные передачи: конструкция, геометрические параметры, материалы. КПД червячной передачи, тепловой расчёт.

21. Назначение и классификация валов и осей. Конструктивные элементы валов. Материалы валов.

22. Проектный и проверочный расчёты валов. Проектный расчёт на кручение. Проверочный расчёт на статическую прочность и сопротивление усталости.

23. Расчёт валов на жёсткость. Выбор формы и размеров ступеней вала.

24. Общее понятие об опорах валов и осей. Классификация подшипников.

25. Основные типы и условные обозначения подшипников качения. Понятие о динамической и статической грузоподъёмности.

26. Расчёт подшипников качения на долговечность. Выбор подшипников по статической грузоподъёмности.

27. Конструирование подшипниковых узлов. Применение подшипников качения в двигателях.

28. Смазка подшипников. Уплотнительные устройства.

Шестой семестр

Условия допуска к экзамену

Студент допускается к сдаче экзамена по итогам шестого семестра при выполнении следующих условий:

- Успешное прохождение всех двух рубежных контролей (устных опросов по модулям) с оценкой не ниже «удовлетворительно».
- Выполнение и защита всех лабораторных работ, предусмотренных учебным планом (9 лабораторных работ).
- Выполнение и защита всех практических занятий (не менее 80% заданий выполнены и защищены).
- Выполнение и защита индивидуального задания в рамках сквозного проекта (выбор подшипников, муфт, системы смазки) 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): Подшипники скольжения, подшипники качения, муфты, пружины.
- **Вопрос 2** (Модуль 2): Корпусные детали, смазочные устройства, проектирование приводов.
- **Задание 3**: Расчётная задача (расчёт подшипников, муфты, пружины, элементов привода).

Типовые экзаменационные билеты

Экзаменационный билет №1

Вопрос 1 (Модуль 1)

Подшипники скольжения: конструкция, материалы вкладышей. Режимы трения. Гидродинамическая теория смазки. Расчёт подшипников скольжения на жидкостное трение. Применение в двигателях.

Вопрос 2 (Модуль 2)

Корпусные детали: назначение, материалы, конструктивные особенности. Обеспечение прочности, жёсткости, технологичности. Расчёт корпусных деталей. Рёбра жёсткости, бобышки, приливы.

Задание 3

Для радиального шарикоподшипника с динамической грузоподъёмностью C = 40 кН при эквивалентной нагрузке P = 10 кН определить расчётную долговечность в миллионах оборотов. Коэффициент надёжности a1 = 1, обобщённый коэффициент совместного влияния качества металла и условий эксплуатации a23 = 0,7.

Экзаменационный билет №2

Вопрос 1 (Модуль 1)

Подшипники качения: классификация, типы, условные обозначения. Расчёт подшипников качения на долговечность (по динамической грузоподъёмности). Выбор подшипников по статической грузоподъёмности. Конструирование подшипниковых узлов.

Вопрос 2 (Модуль 2)

Смазочные устройства и системы смазки. Назначение смазки. Виды трения. Системы смазки двигателей внутреннего сгорания (разбрызгиванием, под давлением, комбинированные). Фильтрация масла. Уплотнительные устройства.

Задание 3

Для привода вентилятора с частотой вращения n = 3000 об/мин и мощностью N = 2 кВт выбрать упругую втулочно-пальцевую муфту. Определить расчётный момент, если коэффициент режима работы K = 1,5. Подобрать типоразмер муфты по каталогу (привести условное обозначение).

Экзаменационный билет №3

Вопрос 1 (Модуль 1)

Муфты приводов: назначение, классификация. Глухие, компенсирующие, упругие, управляемые, самоуправляемые муфты. Основы расчёта и выбора муфт. Применение в приводах вспомогательных агрегатов.

Вопрос 2 (Модуль 2)

Основы проектирования приводов. Общая схема механического привода. Выбор кинематической схемы. Определение мощности на рабочих валах, частот вращения, крутящих моментов. Выбор стандартных изделий (электродвигателей, редукторов, муфт).

Задание 3

Для цилиндрической винтовой пружины сжатия с параметрами: диаметр проволоки d = 4 мм, средний диаметр D = 30 мм, число рабочих витков n = 8, модуль сдвига G = $8 \cdot 10^4$ МПа. Определить жёсткость пружины. Найти осадку пружины под действием силы F = 200 Н.

Полный перечень теоретических вопросов к экзамену по каждой теме (6 семестр)

Модуль 1. Подшипники. Муфты. Пружины

1. Общие сведения о подшипниках скольжения, конструкция, материалы вкладышей. Режимы трения.
2. Гидродинамическая теория смазки. Расчёт подшипников скольжения на жидкостное трение.
3. Смазочные материалы для подшипников скольжения. Области применения подшипников скольжения в двигателях.
4. Классификация подшипников качения. Серии подшипников.
5. Система условных обозначений подшипников. Материалы деталей подшипников.
6. Расчёт подшипников качения на долговечность (по динамической грузоподъёмности).
7. Выбор подшипников по статической грузоподъёмности. Конструирование подшипниковых узлов.

8. Назначение и классификация муфт. Управляемые и неуправляемые муфты.

9. Глухие муфты. Компенсирующие муфты. Упругие муфты, их роль в снижении динамических нагрузок.

10. Сцепные управляемые муфты. Самоуправляемые муфты. Основы расчёта и выбора муфт.

11. Назначение и классификация пружин. Материалы для пружин.

12. Основные параметры пружин. Расчёт и конструирование цилиндрических винтовых пружин растяжения и сжатия.

13. Пружины кручения. Примеры применения пружин в двигателях.

Модуль 2. Корпусные детали. Смазка. Проектирование приводов

14. Назначение корпусных деталей. Материалы корпусных деталей.

15. Конструирование корпусов: обеспечение прочности, жёсткости, технологичности.

16. Расчёт корпусных деталей (общие принципы). Фланцевые соединения, рёбра жёсткости, бобышки, приливы.

17. Назначение смазки. Виды трения. Масла и пластичные смазки, их свойства и классификация.

18. Способы подвода смазки. Смазочные устройства. Системы смазки двигателей внутреннего сгорания.

19. Фильтрация масла. Уплотнительные устройства, их выбор и расчёт.

20. Общая схема механического привода. Выбор кинематической схемы.

21. Определение мощности на рабочих валах, частот вращения, крутящих моментов.

22. Выбор стандартных изделий (электродвигателей, редукторов, муфт).

23. Этапы проектирования привода. Примеры проектирования простых приводов.