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

КОНСТРУКЦИЯ ПОРШНЕВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Направление подготовки/ специальность
13.03.03 «Энергетическое машиностроение»

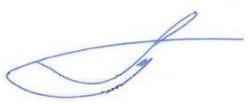
Профиль/ специализация
Поршневые двигатели и турбомашины

Квалификация
Бакалавр

Форма обучения
Очная

Москва, 2026

Разработчик(и):
к.т.н., доцент  /Д.В. Апелинский/

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 6
3.3. Содержание дисциплины 8
3.4. Тематика семинарских/практических и лабораторных занятий 10
3.4.1. Семинарские/практические занятия 10
3.4.2. Лабораторные занятия 11
3.5. Тематика курсовых проектов (курсовых работ) 12
4. Учебно-методическое и информационное обеспечение 12
4.1. Нормативные документы и ГОСТы 12
4.2. Основная литература 12
4.3. Дополнительная литература 13
4.4. Электронные образовательные ресурсы 13
4.5. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение 13
4.6. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы 13
5. Материально-техническое обеспечение 14
6. Методические рекомендации 15
6.1. Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения 15
6.2. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины 16
7. Фонд оценочных средств 16
7.1 Методы контроля и оценивания результатов обучения 16
7.2 Шкала и критерии оценивания результатов обучения 19
7.3 Оценочные средства 26

1. Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине

Целью освоения дисциплины является формирование у обучающихся системы теоретических знаний и практических представлений об устройстве, принципах работы, конструктивных особенностях и компоновочных схемах поршневых двигателей различных типов и назначения, а также о функциональном назначении и взаимодействии их основных узлов и систем. Освоение дисциплины создаёт содержательную основу для последующего формирования компетенции ПК-1, обеспечивая фундаментальные знания конструкции, необходимые для грамотного выполнения параметрического 3D-моделирования и разработки конструкторской документации в рамках сквозного проекта.

Задачами дисциплины являются:

- изучение классификации поршневых двигателей, областей их применения и общих принципов организации рабочих процессов;
- освоение конструктивных схем и компоновочных решений современных поршневых двигателей различного назначения (транспортных, стационарных, судовых);
- формирование знаний о назначении, устройстве, материалах и принципах работы основных деталей остова двигателя (блока цилиндров, головки блока, гильз, картера);
- изучение конструкции деталей кривошипно-шатунного механизма (поршня, поршневых колец, поршневого пальца, шатуна, коленчатого вала, маховика);
- приобретение знаний об устройстве и работе механизма газораспределения, его типах, фазах газораспределения и приводах;
- изучение конструктивных особенностей систем двигателя (питания, смазки, охлаждения, зажигания, пуска, выпуска и нейтрализации отработавших газов);
- формирование понимания тенденций развития конструкций поршневых двигателей, включая форсирование, снижение массы, повышение надёжности и улучшение экологических показателей;
- приобретение навыков анализа и сравнения различных конструктивных решений для обоснованного выбора прототипа при концептуальном проектировании.

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

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
ПК-1. Способен разрабатывать проектную и рабочую конструкторскую документацию на поршневые двигатели, турбомашины и их компоненты с использованием современных CAD-систем	**ИПК-1.1.** Способен создавать параметрическую 3D-модель детали со всеми конструктивными элементами
	ИПК-1.2. Способен сформировывать сборочную единицу с заданными геометрическими сопряжениями
	ИПК-1.3. Способен генерировать ассоциативный чертёж общего вида из 3D-модели по стандартам ЕСКД
	ИПК-1.4. Способен оформлять сборочный чертёж узла двигателя с разрезами и спецификацией
	ИПК-1.5. Способен выпускать рабочие чертежи оригинальных деталей с полем допусков и ше-

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
	роховатостью
	ИПК-1.6. Способен формировать электронный архив КД (структуру изделия)

Роль дисциплины в формировании компетенций:

Обеспечивающая. Дисциплина формирует фундаментальные знания о конструкции, устройстве и взаимосвязях всех элементов поршневого двигателя: остова (блок цилиндров, головка блока, гильзы), кривошипно-шатунного механизма (поршень, поршневые кольца, поршневой палец, шатун, коленчатый вал), механизма газораспределения, систем смазки, охлаждения, питания, наддува и выпуска. Студенты изучают конструктивные особенности, материалы, типы и схемы расположения элементов. В ходе лабораторных работ и практических занятий на реальных деталях и разрезах двигателей осваиваются конструктивные решения, что создаёт содержательную основу для последующего создания параметрических 3D-моделей (ИПК-1.1, ИПК-1.2), правильного выбора главного изображения и выполнения разрезов на чертежах (ИПК-1.3, ИПК-1.4), а также для корректного выполнения рабочих чертежей (ИПК-1.5, ИПК-1.6). Без этих знаний невозможно выполнение ни одного из индикаторов компетенции ПК-1.

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина **«Конструкция поршневых двигателей»** относится к **части блока Б.1, формируемой участниками образовательных отношений** учебного плана (код дисциплины: Б1.2.2) и изучается в **2-м семестре**.

Данная дисциплина является **ключевой на первом этапе сквозного проекта «Концептуальное проектирование»**, обеспечивая формирование у обучающихся системных знаний об устройстве и принципах работы поршневых двигателей, создавая основу для выбора прототипа и формирования библиотеки технических решений для последующего проектирования.

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

- **Физика** (школьный курс): понимание основных физических законов механики, термодинамики необходимо для понимания принципов работы двигателя.
- **Графическое проектирование деталей и механизмов энергетических машин** (Б1.1.9, 1-2 семестры), изучаемое параллельно: знание основ черчения и умение читать чертежи необходимо для понимания конструктивных форм деталей и узлов.
- **Теоретические основы поршневых двигателей и турбомашин** (Б1.1.11, 1 семестр): обеспечивает понимание базовых терминов, принципов работы и классификации двигателей, создавая основу для изучения их конструкции.
- **Прикладное двигателестроение в энергетическом машиностроении** (Б1.ЭД.1, 1 семестр): даёт представление о современном состоянии и тенденциях развития двигателестроения, что позволяет понимать контекст изучаемых конструкций.

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

- **Конструкция газотурбинных двигателей транспортного и энергетического назначения** (Б1.2.3, 4 семестр): расширяет знания на другой тип энергетических установок (II этап).

- **Автоматизированное проектирование в двигателестроении** (Б1.1.12, 2-3 семестры): знание конструкции необходимо для создания адекватных трёхмерных моделей деталей и узлов (II этап).
- **Конструирование и расчет механизмов энергетических установок** (Б1.1.22, 5-6 семестры) и **Конструирование поршневых двигателей** (Б1.2.8, 6 семестр): знание конструкции является основой для расчёта и проектирования (III этап).
- **Теория рабочих процессов поршневых двигателей** (Б1.1.20, 4 семестр): понимание конструкции необходимо для увязки геометрических параметров с рабочим процессом (III этап).
- **Динамический расчет поршневых двигателей** (Б1.2.4, 5 семестр) и **Системы поршневых двигателей** (Б1.2.5, 5 семестр): требуют глубокого понимания конструкции для постановки задач и интерпретации результатов (III этап).
- **Диагностика и техническая эксплуатация поршневых двигателей и турбомашин** (Б1.2.18, 8 семестр): знание конструкции необходимо для анализа неисправностей и разработки методов диагностики (V этап).
- Все последующие дисциплины, связанные с конструированием, расчётом, испытаниями и эксплуатацией двигателей, а также подготовка и защита выпускной квалификационной работы.

3. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет **4 зачетные единицы (144 часа)**.

3.1. Виды учебной работы и трудоемкость

№ п/п	Вид учебной работы	Количество часов	Семестры
			2
1	Аудиторные занятия	90	90
	В том числе:		
1.1	Лекции	36	36
1.2	Семинарские/практические занятия	36	36
1.3	Лабораторные занятия	18	18
2	Самостоятельная работа	54	54
3	Промежуточная аттестация		
	Зачет/диф.зачет/экзамен	Экзамен	Экзамен
	Курсовой проект	–	–
	Курсовая работа	–	–
	Итого	**144**	**144**

Примечание: общая трудоёмкость дисциплины составляет 144 часа.

3.2. Тематический план изучения дисциплины

№ п/п	Название раздела / темы	Всего часов	Аудиторная работа	Лекции	Семинарские/ практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
Семестр 2	**Конструкция поршневых двигателей**						
1	Тема 1. Введение. Общие сведения о конструкции ДВС	8	4	2	2	–	4
2	Тема 2. Остов двигателя. Неподвижные детали	14	10	4	4	2	4
3	Тема 3. Кривошипно-шатунный механизм. Поршневая группа	16	12	4	4	4	4
4	Тема 4. Кривошипно-шатунный механизм. Шатунно-поршневая группа	12	8	2	4	2	4
5	Тема 5. Кривошипно-шатунный механизм. Кривошипная группа	14	10	4	4	2	4
6	Тема 6. Механизм газораспределения (ГРМ)	16	12	4	4	4	4
7	Тема 7. Система смазки	12	8	2	4	2	4
8	Тема 8. Система охлаждения	12	8	2	4	2	4
9	Тема 9. Система пита-	14	8	4	2	2	6

№ п/п	Название раздела / темы	Всего часов	Аудиторная работа	Лекции	Семинарские/ практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
	ния бензиновых двигателей						
10	Тема 10. Система питания дизельных двигателей	14	8	4	2	2	6
11	Тема 11. Системы наддува и выпуска	10	4	2	2	–	6
12	Подготовка к экзамену	4	–	–	–	–	4
	Итого за 1 семестр	**144**	**90**	**36**	**36**	**18**	**54**

3.3. Содержание дисциплины

Семестр 2. Конструкция поршневых двигателей

Тема 1. Введение. Общие сведения о конструкции ДВС

Роль дисциплины в сквозном проекте: формирование библиотеки технических решений. Общая компоновка поршневого двигателя. Основные механизмы и системы двигателя: кривошипно-шатунный механизм (КШМ), газораспределительный механизм (ГРМ), системы смазки, охлаждения, питания, зажигания, пуска, выпуска и нейтрализации. Требования, предъявляемые к современным двигателям: мощностные, экономические, экологические, массогабаритные, надежность. Тенденции развития конструкций автомобильных двигателей (даунсайзинг, турбонаддув, непосредственный впрыск, изменение фаз ГРМ, деактивация цилиндров).

Тема 2. Остов двигателя. Неподвижные детали

Назначение и конструкция блока цилиндров. Материалы (чугун, алюминиевые сплавы, композитные материалы). Типы блоков: рядные, V-образные, оппозитные. Гильзы цилиндров: мокрые, сухие, их конструкция и установка. Головка блока цилиндров (ГБЦ): назначение, конструкция, материалы. Особенности ГБЦ для рядных и V-образных двигателей. Камеры сгорания: типы (полусферические, клиновые, плоскоовальные), их влияние на рабочий процесс. Прокладка головки блока: типы (металлические, металлоасбестовые), особенности многослойных стальных прокладок (MLS). Поддон картера: назначение, конструкция, материалы, роль в системе смазки. Крепление двигателя к шасси.

Тема 3. Кривошипно-шатунный механизм. Поршневая группа

Поршень: назначение, условия работы (высокие температуры, давления, инерционные нагрузки). Материалы поршней (алюминиевые сплавы, стали). Конструкция поршня: днище (форма для бензиновых и дизельных двигателей), жаровой пояс, уплотняющая часть (канавки под кольца), бобышки, юбка. Профиль юбки (бочкообразность, овальность) для компенсации тепловых деформаций. Охлаждение поршня (масляное охлаждение, галереи охлаждения). Поршневые кольца: назначение, типы (компрессионные, маслосъемные), материалы

(чугун, сталь), покрытия. Конструкция компрессионных колец (прямоугольные, трапециевидные, бочкообразные, торсионные). Замки колец. Конструкция маслосъемных колец (цельные, составные с пружинным расширителем). Эпюра давления кольца на стенку цилиндра. Поршневой палец: назначение, типы (плавающий, закрепленный в поршне или шатуне), материалы, фиксация стопорными кольцами.

Тема 4. Кривошипно-шатунный механизм. Шатунно-поршневая группа

Шатун: назначение, условия работы. Конструкция шатуна: верхняя головка (с втулкой и без), стержень (двутавровое сечение, Н-образное сечение), нижняя головка (с прямым или косым разъемом). Материалы шатунов (сталь, титан). Шатунные болты: конструкция, материалы, требования к затяжке. Подшипники скольжения (вкладыши) верхней и нижней головок шатуна: конструкция, материалы (сталеалюминиевые, свинцовистые бронзы), покрытия. Смазка шатунного подшипника и поршневого пальца.

Тема 5. Кривошипно-шатунный механизм. Кривошипная группа

Коленчатый вал: назначение, условия работы. Конструкция коленчатого вала: коренные и шатунные шейки, щеки, противовесы. Полноопорные и неполноопорные валы. Материалы (сталь, высокопрочный чугун). Технологии изготовления (ковка, литье). Упрочнение (азотирование, закалка ТВЧ, накатка галтелей). Масляные каналы в коленчатом валу. Балансировка коленчатого вала. Демпферы крутильных колебаний: назначение, типы (резиновые, вязкостные, с маятниковым гасителем). Маховик: назначение, конструкция, материалы. Двухмассовый маховик: устройство и принцип работы. Подшипники коленчатого вала: коренные вкладыши, упорные полукольца, их конструкция и смазка.

Тема 6. Механизм газораспределения (ГРМ)

Назначение и классификация ГРМ. Типы ГРМ: с нижним расположением распредвала (OHV), с верхним расположением распредвала (OHC, DOHC). Сравнение, преимущества и недостатки. Привод распределительного вала: зубчатый ремень, цепь, шестерни. Устройства натяжения и успокоения цепи/ремня. Детали ГРМ: распределительный вал (профиль кулачков, опорные шейки, материал, термообработка), толкатели (цилиндрические, роликовые), штанги, коромысла, клапаны (впускные и выпускные), направляющие втулки клапанов, седла клапанов, пружины клапанов (с переменным шагом), тарелки пружин, сухари. Конструкция гидрокомпенсаторов: назначение, устройство, принцип работы. Системы изменения фаз газораспределения (VVT): принцип работы, типы приводов (гидравлические, электромеханические). Системы изменения высоты подъема клапанов (например, Valvetronic, MultiAir). Деактивация цилиндров.

Тема 7. Система смазки

Назначение системы смазки. Классификация систем смазки: с мокрым картером, с сухим картером. Принципиальная схема системы смазки с мокрым картером. Масляный насос: назначение, типы (шестеренчатые с внешним и внутренним зацеплением, роторные, регулируемые). Конструкция и принцип работы. Редукционный клапан. Масляный фильтр: назначение, типы (полнопоточные, неполнопоточные), конструкция фильтрующего элемента (бумажный, сетчатый). Перепускной клапан. Масляный радиатор и теплообменник: назначение, типы. Система вентиляции картера: открытая и закрытая, назначение, принцип работы. Маслоизмерительный щуп, маслозаливная горловина, датчики давления и уровня масла. Моторные масла: классификация по SAE, API, ACEA.

Тема 8. Система охлаждения

Назначение системы охлаждения. Классификация систем охлаждения: жидкостная, воздушная. Принципиальная схема жидкостной системы охлаждения. Малый и большой круг циркуляции. Основные элементы: рубашка охлаждения блока и головки, жидкостный насос (центробежный), термостат (одно- и двухклапанный, с электронным управлением), радиатор (трубчато-ленточный, трубчато-пластинчатый), расширительный бачок, вентилятор (вязкостная муфта, электрический), датчики температуры. Особенности систем охлаждения современных двигателей с турбонаддувом. Охлаждающие жидкости (антифризы, тосолы): состав, свойства, требования. Предпусковые подогреватели.

Тема 9. Система питания бензиновых двигателей

Назначение системы питания. Состав горючей смеси. Стехиометрическая смесь. Классификация систем впрыска: центральный (моновпрыск), распределенный (многоточечный), непосредственный впрыск (GDI). Принципиальные схемы, преимущества и недостатки. Основные элементы систем впрыска: топливный бак, топливный насос (электрический погружной), топливный фильтр, регулятор давления топлива, топливная рампа, форсунки (электромагнитные), дроссельный узел с электронным управлением (электронная педаль газа). Датчики системы управления двигателем (ЭСУД): массового расхода воздуха (MAF), абсолютного давления (MAP), положения коленчатого вала, положения распределительного вала, положения дроссельной заслонки, детонации, температуры охлаждающей жидкости, температуры воздуха на впуске, кислородные датчики (лямбда-зонды) до и после катализатора. Принципы дозирования топлива. Система улавливания паров топлива (адсорбер).

Тема 10. Система питания дизельных двигателей

Особенности смесеобразования и воспламенения в дизелях. Требования к системе питания. Классификация систем впрыска дизелей: рядные ТНВД, распределительные ТНВД, насос-форсунки, аккумуляторные системы Common Rail. Принципиальные схемы, преимущества и недостатки. Основные элементы систем Common Rail: топливоподкачивающий насос низкого давления, ТНВД высокого давления (плунжерный), регулятор давления в рампе (дозирующий клапан), аккумулятор высокого давления (рампа), форсунки (электрогидравлические, пьезоэлектрические), топливопроводы высокого давления. Датчики системы управления дизелем: давления в рампе, температуры топлива, положения педали акселератора и др. Свечи накаливания, блок управления накалом.

Тема 11. Системы наддува и выпуска

Назначение наддува. Типы нагнетателей: приводные нагнетатели (Roots, Lysholm), турбокомпрессоры. Устройство и принцип работы турбокомпрессора (турбина, компрессор, корпус, подшипниковый узел, система смазки и охлаждения). Регулирование давления наддува (перепуск отработавших газов (wastegate), турбины с изменяемой геометрией (VGT)). Интеркулер (промежуточный охладитель наддувочного воздуха): назначение, типы (воздух-воздух, воздух-вода). Турбокомпаундные системы. Система выпуска отработавших газов: выпускной коллектор (чугунный, стальной, из нержавеющей стали), приемная труба, каталитический нейтрализатор (окислительный, трехкомпонентный), сажевый фильтр (DPF), система рециркуляции отработавших газов (EGR), глушители шума выпуска.

3.4. Тематика семинарских/практических и лабораторных занятий

3.4.1. Семинарские/практические занятия

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование практического занятия	Трудоемкость (час.)
1	Тема 1	Анализ компоновочных схем современных автомобильных двигателей	2
2	Тема 2	Изучение конструкций блоков цилиндров и головок блока (на примерах)	2
3	Тема 2	Анализ конструкций прокладок ГБЦ и поддонов картера	2
4	Тема 3	Изучение конструкции поршней современных двигателей (бензиновых, дизельных)	2
5	Тема 3	Изучение конструкций поршневых колец и поршневых пальцев	2

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование практического занятия	Трудоемкость (час.)
6	Тема 4	Изучение конструкций шатунов (различные сечения, типы разъема, материалы)	2
7	Тема 4	Изучение конструкций шатунных болтов и вкладышей	2
8	Тема 5	Изучение конструкций коленчатых валов (литье, ковка, полно- и неполноопорные)	2
9	Тема 5	Изучение конструкций демпферов крутильных колебаний и маховиков (в т.ч. двухмассовых)	2
10	Тема 6	Изучение конструкций ГРМ (OHV, OHC, DOHC). Сравнительный анализ	2
11	Тема 6	Изучение конструкций цепных и ременных приводов ГРМ, натяжителей, успокоителей	2
12	Тема 6	Изучение конструкций гидрокомпенсаторов и систем изменения фаз газораспределения (VVT)	2
13	Тема 7	Анализ схем систем смазки с мокрым и сухим картером. Изучение конструкции масляных насосов	2
14	Тема 7	Изучение конструкций масляных фильтров, радиаторов и системы вентиляции картера	2
15	Тема 8	Анализ схем жидкостной системы охлаждения. Изучение конструкций термостатов, помп, радиаторов	2
16	Тема 8	Изучение конструкций вентиляторов, расширительных бачков и предпусковых подогревателей	2
17	Тема 9	Анализ схем систем питания бензиновых двигателей (распределенный и непосредственный впрыск)	2
18	Тема 10	Анализ схем систем питания дизельных двигателей (Common Rail, насос-форсунки)	2
	Итого		**36**

3.4.2. Лабораторные занятия

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование лабораторной работы	Трудоемкость (час.)
1	Тема 2	Изучение конструкции блока цилиндров, головки блока и прокладки на разрезе двигателя	2
2	Тема 3	Изучение конструкции поршня, поршневых колец и поршневого пальца на реальных деталях	2
3	Тема 3	Демонтаж/монтаж поршневых колец на поршень. Изме-	2

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование лабораторной работы	Трудоемкость (час.)
		рение зазоров в замках	
4	Тема 4	Изучение конструкции шатуна, шатунных болтов и вкладышей. Измерение шатуна	2
5	Тема 5	Изучение конструкции коленчатого вала, маховика. Измерение шеек вала	2
6	Тема 6	Изучение конструкции ГРМ на разрезе двигателя (цепь, ремень, звездочки, шестерни)	2
7	Тема 6	Изучение конструкции газораспределительного механизма со снятой ГБЦ (клапаны, пружины, сухари)	2
8	Тема 7	Изучение конструкции масляного насоса, масляного фильтра на реальных образцах	2
9	Тема 8	Изучение конструкции водяного насоса, термостата, радиатора на реальных образцах	2
	Итого		**18**

3.5. Тематика курсовых проектов (курсовых работ)

Курсовой проект (курсовая работа) по дисциплине не предусмотрены. Результаты освоения дисциплины (детальное знание конструкции узлов и систем современных двигателей) используются для обоснования выбора прототипа и разработки технического задания на сквозной проект, а также при создании цифровых 3D-моделей в последующих дисциплинах.

4. Учебно-методическое и информационное обеспечение

4.1. Нормативные документы и ГОСТы

1. ГОСТ 14846–2020 Двигатели автомобильные. Методы стендовых испытаний
2. ГОСТ 10150– 2014 Двигатели внутреннего сгорания поршневые. Общие технические условия
3. ГОСТ Р 54120-2010 Двигатели автомобильные. Пусковые качества. Технические требования

4.2. Основная литература

1. Баширов, Р. М. Автотракторные двигатели: конструкция, основы теории и расчета : учебник / Р. М. Баширов. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2017. — 336 с. — ISBN 978-5-8114-2741-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://reader.lanbook.com/book/96242
2. Уханов, А. П. Конструкция автомобилей и тракторов : учебник / А. П. Уханов, Д. А. Уханов, В. А. Голубев. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2019. — 188 с. — ISBN 978-5-8114-4582-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — https://reader.lanbook.com/book/122188

4.3. Дополнительная литература

1. Автомобильные двигатели. Рабочие процессы, конструкция, основы расчёта и эксплуатации : учебник / Н. Г. Фаталиев, М. М. Аливагабов, А. Х. Бекеев, М. А. Арсланов. — Махачкала : ДагГАУ имени М.М.Джамбулатова, 2018. — 316 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://reader.lanbook.com/book/113001
2. Щерба, В. Е. Теория, расчет и конструирование поршневых компрессоров объемного действия: В. Е. Щерба. — 2-е изд., доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 323 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-09232-5. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: https://urait.ru/bcode/517027

4.4. Электронные образовательные ресурсы

1. Курс «Конструкция ДВС»
https://online.mospolytech.ru/course/view.php?id=661

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.

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

6. Методические рекомендации

6.1. Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения

Эффективность освоения дисциплины определяется качеством организации учебного процесса, выбором адекватных форм и методов обучения. Преподавателю необходимо учитывать специфику дисциплины, уровень подготовленности обучающихся и современные образовательные технологии.

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

Перед началом преподавания преподавателю необходимо:

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

В ходе лекционного занятия преподаватель должен:

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

При проведении практических (семинарских) занятий рекомендуется:

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

При проведении лабораторных занятий (при наличии) рекомендуется:

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

При организации самостоятельной работы студентов следует:

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

При проведении текущего контроля и промежуточной аттестации рекомендуется:

- использовать разнообразные формы контроля в соответствии с фондом оценочных средств;
- обеспечить объективность оценивания, руководствуясь установленными критериями;

- своевременно доводить результаты до студентов с указанием ошибок и рекомендаций.

В целях повышения эффективности образовательного процесса рекомендуется использовать:

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

6.2. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Освоение дисциплины осуществляется при контактной работе с преподавателем и в процессе самостоятельной работы. Эффективное освоение предполагает регулярное посещение всех видов аудиторных занятий, выполнение плана самостоятельной работы в полном объёме и прохождение аттестации в соответствии с календарным учебным графиком.

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

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

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

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

Для успешного освоения дисциплины рекомендуется:

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

При подготовке к текущему контролю и промежуточной аттестации рекомендуется:

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

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

7. Фонд оценочных средств

7.1 Методы контроля и оценивания результатов обучения

Сформированность компетенций при изучении дисциплины определяется посредством оценки соответствия ответов и/или выполнения заданий заявленным индикаторам в рамках мероприятий текущего контроля и промежуточной аттестации (экзамена). Дисциплина «Конструкция поршневых двигателей» является **обеспечивающей** для компетенции ПК-1,

формируя фундаментальные **знания** о конструкции, устройстве и взаимосвязях всех элементов поршневого двигателя, необходимые для последующего освоения дисциплин, непосредственно реализующих навыки работы в CAD-системах и разработки конструкторской документации.

В процессе изучения дисциплины оценивается сформированность знаний, необходимых для последующего освоения следующих индикаторов компетенции **ПК-1**:

- **ИПК-1.1.** Способен создавать параметрическую 3D-модель детали со всеми конструктивными элементами.
- **ИПК-1.2.** Способен сформировывать сборочную единицу с заданными геометрическими сопряжениями.
- **ИПК-1.3.** Способен генерировать ассоциативный чертёж общего вида из 3D-модели по стандартам ЕСКД.
- **ИПК-1.4.** Способен оформлять сборочный чертёж узла двигателя с разрезами и спецификацией.
- **ИПК-1.5.** Способен выпускать рабочие чертежи оригинальных деталей с полем допусков и шероховатостью.
- **ИПК-1.6.** Способен формировать электронный архив КД (структуру изделия).

В соответствии с перечнем компетенций по дисциплинам, дисциплина Б1.2.2 участвует в формировании всех индикаторов ПК-1 (ИПК-1.1 – ИПК-1.9). Однако в силу своей роли как «обеспечивающей», данная дисциплина закладывает фундаментальные знания о конструкции, необходимые для последующего освоения индикаторов ИПК-1.7, ИПК-1.8 и ИПК-1.9 в других дисциплинах («Нормирование точности и метрология в энергетическом машиностроении» и др.). В рамках настоящей дисциплины студенты знакомятся с типовыми сопряжениями и посадками на уровне понимания конструктивных особенностей, но не выполняют их расчёт.

Дисциплина «Конструкция поршневых двигателей» формирует фундаментальные **знания**, необходимые для выполнения указанных индикаторов компетенции ПК-1. Глубокое понимание назначения, устройства и взаимосвязей всех элементов двигателя (поршня, шатуна, коленчатого вала, клапана, системы смазки, системы охлаждения, системы питания и т.д.) является содержательной основой для грамотного создания параметрических 3D-моделей (ИПК-1.1), корректного формирования сборочных единиц с заданными сопряжениями (ИПК-1.2), правильного оформления ассоциативных чертежей по стандартам ЕСКД (ИПК-1.3, ИПК-1.4), а также для корректного выполнения рабочих чертежей (ИПК-1.5) и построения иерархической структуры изделия (ИПК-1.6).

В процессе изучения дисциплины используются следующие методы контроля.

Текущее (рубежное) тестирование по каждому модулю

Проводится после завершения изучения каждого из трёх модулей дисциплины. Тестирование осуществляется в письменной или компьютерной форме и включает вопросы закрытого и открытого типа, направленные на проверку **знаний** конструкции, назначения и принципов работы узлов и систем поршневых двигателей, изученных в соответствующем модуле. Результаты тестирования используются для оценки уровня освоения материала модуля и определения готовности студента к дальнейшему обучению. Проверяемые индикаторы: ИПК-1.1, ИПК-1.2, ИПК-1.5, ИПК-1.6 (знание конструктивных элементов для последующего 3D-моделирования, понимание структуры узлов и сборок, знание конструктивных особенностей для оформления чертежей).

Итоговое тестирование по всему курсу (по трём модулям)

Проводится после завершения изучения всех модулей дисциплины перед промежуточной аттестацией. Тестирование включает вопросы, охватывающие весь материал дисциплины, и позволяет оценить целостность и системность знаний. Результаты итогового тестирования учитываются при допуске к экзамену. Проверяемые индикаторы: ИПК-1.1, ИПК-1.2, ИПК-1.5, ИПК-1.6.

Устный опрос (собеседование)

Проводится в ходе практических занятий для проверки понимания студентом теоретического материала, способности аргументированно излагать свои мысли, анализировать конструктивные особенности и устанавливать взаимосвязи между узлами и системами двигателя. Устный опрос может быть как индивидуальным, так и фронтальным, и направлен на выявление глубины усвоения материала, умения применять полученные знания для решения профессиональных задач. В рамках сквозного проекта устный опрос позволяет оценить способность студента анализировать конструктивные решения прототипа и обосновывать выбор технических решений для собственного проекта. Проверяемые индикаторы: ИПК-1.1, ИПК-1.2, ИПК-1.5, ИПК-1.6.

Практические занятия

В ходе выполнения практических заданий (анализ конструкций, изучение деталей, решение ситуационных задач, выбор оптимальных конструктивных схем) 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 задания ориентированы на формирование библиотеки технических решений, необходимой для выполнения сквозного проекта, и развитие способности понимать конструктивные особенности деталей и узлов для их последующего моделирования. Проверяемые индикаторы: ИПК-1.1, ИПК-1.2, ИПК-1.5, ИПК-1.6.

Лабораторные работы

При выполнении лабораторных работ студент работает с реальными деталями, разрезами агрегатов и измерительными инструментами. Оценивается умение идентифицировать детали, анализировать их состояние, проводить измерения и интерпретировать полученные результаты. Лабораторные работы выполняются в соответствии с методическими указаниями и защищаются студентом путём ответов на контрольные вопросы. Результаты лабораторных работ используются для подготовки раздела сквозного проекта, связанного с анализом конструкции прототипа и обоснованием выбора материалов. Проверяемые индикаторы: ИПК-1.1 (идентификация конструктивных элементов для последующего моделирования), ИПК-1.2 (понимание сопряжений деталей в узле), ИПК-1.5 (понимание конструктивных особенностей для оформления чертежей), ИПК-1.6 (понимание структуры узла).

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, соответствующего первому этапу «Концептуальное проектирование». Содержание индивидуального задания включает: анализ существующих конструкций поршневых двигателей и обоснование выбора прототипа для проектирования; формирование библиотеки технических решений на основе изученных конструктивных схем, узлов и систем; разработку технического задания на проектируемый двигатель с обоснованием выбора материалов, конструктивных схем и систем. Индивидуальное задание выполняется в форме пояснительной записки объёмом 15-20 страниц и графического материала (схемы, чертежи прототипа). Защита индивидуального задания проводится в форме презентации результатов перед преподавателем и, при возможности, перед представителями работодателей. В процессе защиты оценивается не только качество выполненного задания, но также способность студента аргументированно представлять результаты своей работы, отвечать на вопросы, отстаивать принятые технические решения. Индивидуальное задание в рамках сквозного проекта позволяет комплексно оценить сформированность знаний, необходимых для последующего освоения индикаторов компетенции ПК-1: ИПК-1.1 (понимание конструктивных элементов для моделирования), ИПК-1.2 (понимание структуры сборки и сопряжений), ИПК-1.5 (понимание конструктивных особенностей для оформления рабочих чертежей), ИПК-1.6 (понимание структуры изделия для формирования электронного архива КД). Результаты выполнения индивидуального задания учитываются при формировании

итоговой оценки по дисциплине и являются основой для дальнейшего выполнения последующих этапов сквозного проекта.

Экзамен

Промежуточная аттестация проводится в форме экзамена по завершении изучения дисциплины. Экзамен позволяет комплексно оценить знания студента по всем трём модулям дисциплины. Экзаменационный билет включает три теоретических вопроса (по одному из каждого модуля). Результаты экзамена определяют итоговую оценку по дисциплине и отражают степень сформированности знаний, необходимых для выполнения первого этапа сквозного проекта «Концептуальное проектирование» и для последующего освоения дисциплин, формирующих практические навыки работы в CAD-системах и разработки конструкторской документации. Проверяемые индикаторы: ИПК-1.1, ИПК-1.2, ИПК-1.5, ИПК-1.6.

Роль дисциплины в оценке результатов сквозного проекта

Дисциплина «Конструкция поршневых двигателей» формирует фундаментальные знания, необходимые для выполнения первого этапа сквозного проекта — «Концептуальное проектирование». В рамках этого этапа студент должен провести анализ существующих конструкций поршневых двигателей, обосновать выбор прототипа для проектирования; сформировать библиотеку технических решений на основе изученных конструктивных схем, узлов и систем для последующего 3D-моделирования; разработать техническое задание на проектируемый двигатель, определяющее структуру изделия и основные конструктивные параметры. Результаты освоения дисциплины оцениваются в ходе защиты отчёта по первому этапу сквозного проекта (индивидуального задания), который включается в портфолио студента. Оценка сформированности знаний по дисциплине учитывается при подведении итогов выполнения сквозного проекта в целом, так как знания, полученные в данной дисциплине, являются содержательной основой для грамотного создания параметрических 3D-моделей, формирования сборочных единиц и оформления конструкторской документации на последующих этапах.

7.2 Шкала и критерии оценивания результатов обучения

7.2.1 Критерии оценки текущего (рубежного) тестирования по модулям

Текущее (рубежное) тестирование проводится после завершения изучения каждого модуля. Тест состоит из 20 заданий различного типа (выбор правильного ответа, установление соответствия, краткий ответ). 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 материала модуля, владеет основными понятиями и конструктивными схемами, способен правильно идентифицировать детали и узлы двигателя. Это свидетельствует о сформированности на пороговом уровне знаний, необходимых для последующего освоения индикаторов компетенции ПК-1 (ИПК-1.1, ИПК-1.2, ИПК-1.5, ИПК-1.6) в части понимания конструкции поршневых двигателей.

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 идентификации деталей и узлов, не может ответить на вопросы, связанные с конструктивными особенностями. Студент обязан ликвидировать задолженность по модулю до прохождения следующего рубежного контроля.

7.2.2 Критерии оценки итогового тестирования по курсу

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

Оценка «отлично» выставляется студенту, набравшему от 29 до 30 баллов (97-100% правильных ответов). Студент демонстрирует системные теоретические знания по всем раз-

делам дисциплины, уверенно идентифицирует детали и узлы двигателя, понимает взаимосвязи между конструктивными элементами, владеет профессиональной терминологией. Сформированность знаний для последующего освоения индикаторов компетенции ПК-1 (ИПК-1.1, ИПК-1.2, ИПК-1.5, ИПК-1.6) оценивается на продвинутом уровне, что позволяет студенту успешно выполнить первый этап сквозного проекта и в дальнейшем грамотно создавать 3D-модели и конструкторскую документацию.

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 взаимосвязями узлов и систем. Сформированность знаний оценивается на базовом уровне, достаточном для выполнения сквозного проекта и последующего освоения CAD-систем.

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 ответе на вопросы, требующие анализа взаимосвязей между узлами, не в полной мере владеет профессиональной терминологией. Сформированность знаний оценивается на пороговом уровне, что требует дополнительной работы для успешного выполнения сквозного проекта и освоения последующих дисциплин.

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 идентифицировать детали и узлы двигателя, допускает грубые ошибки в ответах на вопросы, связанные с конструктивными особенностями. Сформированность знаний не достигла порогового уровня, что делает невозможным выполнение первого этапа сквозного проекта и последующее освоение дисциплин, формирующих практические навыки работы в CAD-системах и разработки конструкторской документации.

7.2.3 Критерии оценки устного опроса (собеседования)

Оценка «отлично» выставляется студенту, который глубоко и прочно усвоил материал, исчерпывающе и логически стройно его излагает. Студент демонстрирует полное знание конструкции, назначения и принципов работы всех узлов и систем двигателя, уверенно анализирует конструктивные особенности, обосновывает выбор материалов и схем, выявляет взаимосвязи между элементами. Даёт полные и аргументированные ответы на дополнительные вопросы, свободно владеет профессиональной терминологией. В контексте сквозного проекта такой уровень подготовки позволяет студенту самостоятельно проводить анализ прототипа, выявлять перспективные конструктивные решения и обосновывать выбор направления проектирования, что является необходимой основой для последующего освоения индикаторов ИПК-1.1—ИПК-1.6.

Оценка «хорошо» выставляется студенту, который твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей. Студент владеет основными понятиями и конструктивными схемами, умеет анализировать конструкцию узлов и систем, но может испытывать затруднения при установлении сложных взаимосвязей или при ответе на уточняющие вопросы. В целом демонстрирует хорошее владение профессиональной терминологией. Такой уровень подготовки позволяет студенту выполнять анализ прототипа с помощью методических рекомендаций преподавателя.

Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, который имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей. Студент допускает неточности и ошибки в изложении, испытывает затруднения в анализе конструктивных особенностей, обладает фрагментарными знаниями. Ответы на дополнительные вопросы даются с трудом, требуют наводящих вопросов. Профессиональная терминология используется недостаточно уверенно. Студент способен выполнить анализ прототипа только под руководством преподавателя.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части материала, допускает грубые ошибки в изложении, не может идентифицировать ос-

новные узлы и системы двигателя. Отсутствует понимание взаимосвязей между элементами конструкции. Не способен ответить на дополнительные вопросы, не владеет профессиональной терминологией. Студент не готов к выполнению первого этапа сквозного проекта.

7.2.4 Критерии оценки практических занятий

Оценка «зачтено» выставляется студенту, который выполнил практическое задание правильно, в установленные сроки. Студент продемонстрировал понимание методики решения задачи, способность применять теоретические знания для анализа конструкции, выбора оптимальных конструктивных схем. При защите студент аргументирует полученные результаты, отвечает на уточняющие вопросы, демонстрирует владение профессиональной терминологией. В рамках сквозного проекта успешное выполнение практических заданий позволяет студенту сформировать библиотеку технических решений, необходимую для разработки собственного проекта, и развить понимание конструктивных особенностей деталей и узлов, необходимое для последующего 3D-моделирования (ИПК-1.1, ИПК-1.2) и оформления чертежей (ИПК-1.5, ИПК-1.6).

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

7.2.5 Критерии оценки 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. При защите работы студент показывает понимание цели и методики проведения работы, уверенно отвечает на контрольные вопросы, правильно интерпретирует полученные результаты (измерения, наблюдения). Отчёт оформлен в соответствии с требованиями. Успешное выполнение лабораторных работ позволяет студенту получить практический опыт работы с реальными деталями, необходимый для последующего конструирования и расчёта в рамках сквозного проекта, а также для формирования правильного понимания конструктивных элементов, которые в дальнейшем будут моделироваться в CAD-системах (ИПК-1.1, ИПК-1.2, ИПК-1.5).

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.

7.2.6 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 конструкции выбранного прототипа, самостоятельно проводит анализ существующих технических решений, обосновывает выбор материалов и конструктивных схем с учётом заданных технико-экономических ограничений и требований нормативных документов. В пояснительной записке полно и системно представлены все требуемые разделы: анализ прототипа, библиотека технических решений, техническое задание. Графический материал выполнен качественно, соответствует требованиям ЕСКД. При защите студент свободно владеет материалом, аргументированно отвечает на вопросы, демонстрирует понимание взаимосвязей между конструктивными элементами двигателя. Сформированность знаний для последующего освоения индикаторов компетенции ПК-1 (ИПК-1.1, ИПК-1.2, ИПК-1.5, ИПК-1.6) оценивается на продвинутом уровне. Результаты индивидуального задания могут быть использованы в качестве содержательной основы для выполнения последующих этапов сквозного проекта (3D-моделирования и разработки конструкторской документации).

Оценка «хорошо» выставляется студенту, который выполнил индивидуальное задание в полном объёме, но допускает отдельные неточности или неполноту в отдельных разделах. Студент демонстрирует понимание конструкции выбранного прототипа, способен проводить анализ существующих решений, но может испытывать затруднения при обосновании выбора отдельных конструктивных элементов. Пояснительная записка оформлена в соответствии с требованиями, графический материал выполнен с незначительными замечаниями. При защите студент в целом отвечает на вопросы, но может допускать неточности. Сформированность знаний оценивается на базовом уровне, достаточном для дальнейшего выполнения сквозного проекта с помощью преподавателя.

Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, который выполнил индивидуальное задание, но допустил существенные ошибки или не полностью раскрыл требуемые разделы. Студент демонстрирует фрагментарные знания конструкции выбранного прототипа, испытывает значительные затруднения при анализе технических решений и обосновании выбора. Пояснительная записка оформлена с нарушениями требований, графический материал выполнен с ошибками. При защите студент отвечает на вопросы неуверенно, требует наводящих вопросов, допускает ошибки в профессиональной терминологии. Сформированность знаний оценивается на пороговом уровне. Результаты индивидуального задания требуют доработки для использования в последующих этапах сквозного проекта.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не выполнил индивидуальное задание, выполнил его не в полном объёме или допустил грубые ошибки. Студент не демонстрирует понимания конструкции выбранного прототипа, не способен проводить анализ существующих решений. Пояснительная записка отсутствует или оформлена с грубыми нарушениями, графический материал не соответствует требованиям. При защите студент не отвечает на вопросы, не владеет профессиональной терминологией. Сформированность знаний не достигла порогового уровня. Студент обязан выполнить индивидуальное задание повторно в установленные преподавателем сроки.

7.2.7 Критерии оценки ответа на экзамене

Оценка «отлично» выставляется студенту, который глубоко и прочно усвоил программный материал по всем трём модулям, исчерпывающе и логически стройно излагает ответы на теоретические вопросы. Студент демонстрирует полное знание конструкции, принципов работы и взаимосвязи всех узлов и систем двигателя. Даёт полные ответы на дополнительные вопросы, свободно владеет профессиональной терминологией, показывает способность применять полученные знания для решения профессиональных задач. Сформированность знаний для последующего освоения индикаторов компетенции ПК-1 (ИПК-1.1, ИПК-1.2, ИПК-1.5, ИПК-1.6) оценивается на продвинутом уровне, что подтверждает готовность студента к самостоятельному выполнению первого этапа сквозного проекта и к последующему освоению дисциплин, формирующих практические навыки работы в CAD-системах и разработки конструкторской документации.

Оценка «хорошо» выставляется студенту, который твердо знает материал по всем трём модулям, грамотно и по существу излагает ответы на теоретические вопросы, не допуская существенных неточностей. Студент владеет основными конструктивными схемами, умеет анализировать конструкцию узлов и систем. На дополнительные вопросы отвечает в целом правильно, но допускает несущественные ошибки, которые исправляет самостоятельно или при незначительной коррекции преподавателя. Сформированность знаний оценивается на базовом уровне, что позволяет студенту выполнять первый этап сквозного проекта под руководством преподавателя.

Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, который имеет знания только основного материала, допускает неточности и ошибки в изложении теоретических вопросов. Студент обладает фрагментарными знаниями по отдельным модулям. Ответы на дополнительные вопросы даются с трудом, профессиональная терминология используется недостаточно уверенно. Сформированность знаний оценивается на пороговом уровне, что требует дополнительной подготовки для успешного выполнения сквозного проекта.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает грубые ошибки в изложении теоретических вопросов. Не способен ответить на дополнительные вопросы, не владеет профессиональной терминологией. Сформированность знаний не достигла порогового уровня, что делает невозможным выполнение первого этапа сквозного проекта.

7.2.8 Соответствие методов контроля проверяемым индикаторам компетенций

В процессе изучения дисциплины оценивается сформированность **знаний**, необходимых для последующего освоения индикаторов компетенции ПК-1. Дисциплина является обеспечивающей, формируя фундаментальные знания о конструкции, устройстве и взаимосвязях всех элементов поршневого двигателя.

Индикатор	Формируемые знания	Методы контроля
ИПК-1.1. Способен создавать параметрическую 3D-модель детали со всеми конструктивными элементами	Понимание конструктивных элементов деталей (поршня, шатуна, коленчатого вала, клапана и др.), их геометрических форм, взаимного расположения и функционального назначения	Текущее тестирование, устный опрос, практические занятия, лабораторные работы, индивидуальное задание, экзамен
ИПК-1.2. Способен сформировывать сборочную единицу с заданными геометрическими сопряжениями	Понимание структуры сборочных единиц двигателя (поршневая группа, шатунно-поршневая группа, ГРМ и др.), типов сопряжений и их конструктивного оформления	Текущее тестирование, устный опрос, практические занятия, лабораторные работы, индивидуальное задание, экзамен
ИПК-1.3. Способен генерировать ассоциативный чертёж общего вида из 3D-модели по стандартам ЕСКД	Знание правил выполнения чертежей общего вида, выбора главного изображения, выполнения разрезов и сечений в соответствии с ЕСКД	Текущее тестирование, устный опрос, практические занятия, индивидуальное задание, экзамен
ИПК-1.4. Способен оформлять сборочный чертёж узла двигателя с разрезами и спецификацией	Знание правил выполнения сборочных чертежей, спецификаций, нумерации позиций в соответствии с ЕСКД	Текущее тестирование, устный опрос, практические занятия, индивидуальное задание, экзамен
ИПК-1.5. Способен выпускать рабочие чертежи оригинальных деталей с полем допусков и шероховатостью	Понимание конструктивных особенностей деталей, необходимых для их корректного изображения на чертежах; знание типовых конструктивных элементов	Текущее тестирование, устный опрос, практические занятия, лабораторные работы, индивидуальное задание, экзамен
ИПК-1.6. Способен формировать электронный архив КД (структуру изделия)	Понимание иерархической структуры двигателя, состава и взаимосвязей его узлов и систем	Текущее тестирование, устный опрос, практические занятия, лабораторные работы, индивидуальное зада-

Индикатор	Формируемые знания	Методы контроля
		ние, экзамен

Индикаторы ИПК-1.7 (назначение допусков и посадок), ИПК-1.8 (допуски формы и расположения) и ИПК-1.9 (расчёт размерных цепей) формируются другими дисциплинами (в первую очередь, «Нормирование точности и метрология в энергетическом машиностроении» Б1.1.14). В рамках данной дисциплины студенты знакомятся с типовыми сопряжениями и посадками на уровне понимания конструктивных особенностей, что создаёт основу для последующего освоения указанных индикаторов.

Оценка сформированности знаний, необходимых для освоения данных индикаторов, 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 первого этапа сквозного проекта.

7.3.2.4 Полный перечень теоретических вопросов к экзамену

Модуль 1. Остов двигателя и кривошипно-шатунный механизм (КШМ)

1. Назначение, классификация и общая компоновка поршневого двигателя. Основные механизмы и системы.
2. Требования, предъявляемые к современным двигателям. Тенденции развития конструкций автомобильных двигателей.
3. Назначение, конструкция и материалы блока цилиндров. Типы блоков (рядные, V-образные, оппозитные).
4. Гильзы цилиндров: назначение, типы («мокрые», «сухие»). Конструктивные особенности и способы установки.
5. Головка блока цилиндров (ГБЦ): назначение, конструкция, материалы. Прокладка ГБЦ, типы (металлические, многослойные MLS).
6. Камеры сгорания: типы (полусферические, клиновые, плоскоовальные, вихревые). Их влияние на рабочий процесс.
7. Поддон картера: назначение, конструкция, материалы. Роль в системе смазки.
8. Поршень: назначение, условия работы, материалы (алюминиевые сплавы, стали). Конструкция поршня: днище, жаровой пояс, уплотняющая часть, бобышки, юбка.
9. Профиль юбки поршня: бочкообразность, овальность. Назначение и компенсация тепловых деформаций.
10. Охлаждение поршня (масляное охлаждение, галереи охлаждения). Конструктивные особенности.
11. Поршневые кольца: назначение, классификация. Компрессионные кольца: конструкция, материалы (чугун, сталь), покрытия. Формы профиля.
12. Маслосъемные кольца: назначение, конструкция (цельные, составные с пружинным расширителем). Эпюра давления кольца на стенку цилиндра.
13. Поршневой палец: назначение, типы (плавающий, закрепленный). Материалы. Способы фиксации (стопорные кольца, заглушки).
14. Шатун: назначение, условия работы. Конструкция: верхняя головка (с втулкой и без), стержень (двутавровое, Н-образное сечение), нижняя головка (прямой, косой разъем).
15. Материалы шатуна (сталь, титан). Почему шатуны дизельных двигателей часто имеют Н-образное сечение стержня?
16. Шатунные болты: конструкция, материалы, требования к затяжке. Вкладыши подшипников шатуна: конструкция, материалы, покрытия.
17. Коленчатый вал: назначение, условия работы. Конструкция: коренные и шатунные шейки, щеки, противовесы. Полноопорные и неполноопорные валы.

18. Материалы коленчатого вала (сталь, высокопрочный чугун). Способы изготовления (ковка, литье). Способы упрочнения (азотирование, закалка ТВЧ, накатка галтелей).

19. Масляные каналы в коленчатом валу. Демпферы крутильных колебаний: назначение, типы (резиновые, вязкостные, с маятниковым гасителем).

20. Маховик: назначение, конструкция, материалы. Двухмассовый маховик: устройство, принцип работы, преимущества.

21. Подшипники коленчатого вала: коренные вкладыши, упорные полукольца. Конструкция, материалы, смазка.

Модуль 2. Механизм газораспределения (ГРМ), системы смазки и охлаждения

22. Назначение и классификация механизма газораспределения (ГРМ). Типы ГРМ: OHV, OHC, DOHC. Сравнительный анализ.

23. Привод распределительного вала: зубчатый ремень, цепь, шестерни. Устройства натяжения и успокоения (натяжители, успокоители). Передаточное отношение.

24. Распределительный вал: конструкция, профиль кулачков (симметричный, асимметричный), опорные шейки. Материалы, термообработка.

25. Клапанный механизм: клапаны (впускные, выпускные), направляющие втулки, седла клапанов. Материалы, особенности выпускных клапанов (жаропрочные стали, наплавка).

26. Пружины клапанов: конструкция, материалы, особенности (с переменным шагом, с неравномерным шагом). Тарелки пружин, сухари.

27. Гидрокомпенсаторы: назначение, устройство, принцип работы. Преимущества применения.

28. Системы изменения фаз газораспределения (VVT): принцип работы, конструктивные типы (гидравлические муфты, электромеханические приводы).

29. Системы изменения высоты подъема клапанов (Valvetronic, MultiAir). Деактивация цилиндров. Конструктивные особенности.

30. Назначение и классификация систем смазки. Схемы: с мокрым картером, с сухим картером. Принципиальная схема системы с мокрым картером.

31. Масляный насос: назначение, типы (шестеренчатые с внешним и внутренним зацеплением, роторные, регулируемые). Конструкция, принцип работы.

32. Редукционный клапан: назначение, конструкция, принцип работы. Перепускной клапан масляного фильтра.

33. Масляный фильтр: назначение, типы (полнопоточные, неполнопоточные). Конструкция фильтрующего элемента. Какие материалы используются в фильтрующих элементах?

34. Масляный радиатор и теплообменник: назначение, типы. Система вентиляции картера (открытая, закрытая).

35. Моторные масла: классификация по SAE, API, ACEA. Почему вязкость масла критически важна для работы двигателя?

36. Назначение и классификация систем охлаждения (жидкостная, воздушная). Принципиальная схема жидкостной системы охлаждения.

37. Малый и большой круг циркуляции охлаждающей жидкости. Рубашка охлаждения блока и головки.

38. Жидкостный насос (помпа): конструкция, принцип работы (центробежный), материалы. Уплотнение насоса.

39. Термостат: назначение, типы (с твердым наполнителем, с электронным управлением). Конструкция, принцип работы.

40. Радиатор: типы (трубчато-ленточный, трубчато-пластинчатый), конструкция. Расширительный бачок.

41. Вентилятор системы охлаждения: типы (вязкостная муфта, электрический). Предпусковые подогреватели.

42. Охлаждающие жидкости (антифризы, тосолы): состав, свойства, требования. Почему нельзя смешивать антифризы разных типов?

Модуль 3. Системы питания, наддува и выпуска

43. Классификация систем впрыска бензиновых двигателей: центральный (моновпрыск), распределенный (многоточечный), непосредственный впрыск (GDI). Принципиальные схемы, преимущества и недостатки.

44. Основные элементы систем распределенного впрыска: топливный бак, электрический топливный насос, регулятор давления, топливная рампа, форсунки.

45. Датчики системы управления бензиновым двигателем: ДПКВ, ДПРВ, ДМРВ, ДАД, ДПДЗ, ДТОЖ, ДД, лямбда-зонды. Их назначение.

46. Система непосредственного впрыска бензина (GDI): особенности конструкции топливной аппаратуры (ТНВД, форсунки высокого давления).

47. Режимы работы системы непосредственного впрыска (стратифицированное, гомогенное смесеобразование). Система улавливания паров топлива (адсорбер).

48. Классификация систем впрыска дизельных двигателей: рядные ТНВД, распределительные ТНВД, насос-форсунки, аккумуляторные системы Common Rail.

49. Система Common Rail: принципиальная схема, основные элементы (ТНВД высокого давления, регулятор давления, рампа-аккумулятор, форсунки).

50. Типы форсунок Common Rail (электрогидравлические, пьезоэлектрические). Их устройство и принцип работы.

51. Свечи накаливания: назначение, устройство, принцип работы. Блок управления накалом.

52. Назначение и типы агрегатов наддува. Приводные нагнетатели (Roots, Lysholm): устройство, принцип работы, характеристики.

53. Турбокомпрессор: устройство, принцип работы. Основные элементы (компрессорное колесо, турбинное колесо, корпус, подшипниковый узел).

54. Система смазки и охлаждения турбокомпрессора. Почему турбокомпрессор требует принудительного охлаждения после остановки двигателя?

55. Регулирование давления наддува: перепускной клапан (wastegate), турбины с изменяемой геометрией (VGT/VNT). Принцип работы.

56. Интеркулер (промежуточный охладитель наддувочного воздуха): назначение, типы (воздух-воздух, воздух-вода). Влияние на эффективность наддува.

57. Система выпуска отработавших газов: выпускной коллектор, приемная труба. Материалы (чугун, нержавеющая сталь).

58. Каталитический нейтрализатор: назначение, типы (окислительный, трехкомпонентный). Принцип работы. Какие материалы используются в каталитических нейтрализаторах?

59. Сажевый фильтр (DPF): назначение, конструкция. Методы регенерации (активная, пассивная).

60. Система рециркуляции отработавших газов (EGR): назначение, принцип работы, конструктивные типы. Влияние на токсичность.

61. Глушители шума: типы (абсорбционные, реактивные, комбинированные). Принцип работы. Турбокомпаундные системы.

7.3 Оценочные средства

7.3.1 Текущий контроль

7.3.1.1 Модульная структура дисциплины

Дисциплина изучается во 2-м семестре. Семестр делится на три равных модуля (периода), каждый из которых включает определенные темы.

Модуль 1 (недели 1–6) — Остов двигателя и кривошипно-шатунный механизм (КШМ)

Включает темы: Тема 1. Введение. Общие сведения о конструкции ДВС; Тема 2. Остов двигателя. Неподвижные детали; Тема 3. Кривошипно-шатунный механизм. Поршневая группа; Тема 4. Кривошипно-шатунный механизм. Шатунно-поршневая группа; Тема 5. Кривошипно-шатунный механизм. Кривошипная группа.

Модуль 2 (недели 7–12) — Механизм газораспределения, системы смазки и охлаждения

Включает темы: Тема 6. Механизм газораспределения (ГРМ); Тема 7. Система смазки; Тема 8. Система охлаждения.

Модуль 3 (недели 13–18) — Системы питания, наддува и выпуска

Включает темы: Тема 9. Система питания бензиновых двигателей; Тема 10. Система питания дизельных двигателей; Тема 11. Системы наддува и выпуска.

7.3.1.2 Рубежный контроль по модулям (устный опрос/собеседование)

7.3.1.2.1 Модуль 1. Остов двигателя и кривошипно-шатунный механизм (КШМ)

Перечень вопросов для собеседования:

1. Назначение, классификация и общая компоновка поршневого двигателя. Основные механизмы и системы.
2. Назначение и конструкция блока цилиндров. Материалы. Типы блоков (рядные, V-образные, оппозитные).
3. Гильзы цилиндров: назначение, типы («мокрые», «сухие»). Конструктивные особенности и способы установки.
4. Головка блока цилиндров (ГБЦ): назначение, конструкция, материалы. Прокладка ГБЦ, типы (металлические, многослойные MLS).
5. Камеры сгорания: типы (полусферические, клиновые, плоскоовальные). Их влияние на рабочий процесс.
6. Поршень: назначение, условия работы. Материалы (алюминиевые сплавы, стали). Конструкция поршня: днище, жаровой пояс, уплотняющая часть (канавки под кольца), бобышки, юбка.
7. Профиль юбки поршня: бочкообразность, овальность. Назначение и компенсация тепловых деформаций.
8. Поршневые кольца: назначение, типы (компрессионные, маслосъемные), материалы (чугун, сталь), покрытия. Конструктивные особенности (форма профиля, замки).
9. Конструкция маслосъемных колец: цельные, составные с пружинным расширителем. Назначение.
10. Поршневой палец: назначение, типы (плавающий, закрепленный). Материалы. Способы фиксации (стопорные кольца).
11. Шатун: назначение, условия работы. Конструкция: верхняя головка (с втулкой и без), стержень (двутавровое, Н-образное сечение), нижняя головка (прямой, косой разъем). Материалы (сталь, титан).
12. Шатунные болты: конструкция, материалы, требования к затяжке. Вкладыши подшипников шатуна.
13. Коленчатый вал: назначение, условия работы. Конструкция: коренные и шатунные шейки, щеки, противовесы. Полноопорные и неполноопорные валы.
14. Материалы коленчатого вала (сталь, высокопрочный чугун). Способы изготовления (ковка, литье). Способы упрочнения (азотирование, закалка ТВЧ, накатка галтелей).
15. Масляные каналы в коленчатом валу. Демпферы крутильных колебаний: назначение, типы (резиновые, вязкостные, с маятниковым гасителем).
16. Маховик: назначение, конструкция. Двухмассовый маховик: устройство и принцип работы.

7.3.1.2.2 Модуль 2. Механизм газораспределения (ГРМ), системы смазки и охлаждения

Перечень вопросов для собеседования:

1. Назначение и классификация механизма газораспределения (ГРМ). Типы ГРМ: OHV, OHC, DOHC. Сравнительный анализ.
2. Привод распределительного вала: зубчатый ремень, цепь, шестерни. Устройства натяжения и успокоения.
3. Распределительный вал: конструкция, профиль кулачков, опорные шейки. Материалы, термообработка.
4. Клапанный механизм: клапаны (впускные, выпускные), направляющие втулки, седла клапанов. Материалы, особенности выпускных клапанов (жаропрочные стали, наплавка).
5. Пружины клапанов: конструкция, материалы, особенности (с переменным шагом, с неравномерным шагом). Тарелки пружин, сухари.
6. Гидрокомпенсаторы: назначение, устройство, принцип работы. Преимущества применения.
7. Системы изменения фаз газораспределения (VVT): принцип работы, конструктивные типы (гидравлические, электромеханические).
8. Системы изменения высоты подъема клапанов (Valvetronic, MultiAir). Деактивация цилиндров.
9. Назначение и классификация систем смазки. Схемы: с мокрым картером, с сухим картером. Принципиальная схема системы с мокрым картером.
10. Масляный насос: назначение, типы (шестеренчатые с внешним и внутренним зацеплением, роторные, регулируемые). Конструкция, принцип работы. Редукционный клапан.
11. Масляный фильтр: назначение, типы (полнопоточные, неполнопоточные). Конструкция фильтрующего элемента. Перепускной клапан.
12. Масляный радиатор и теплообменник: назначение, типы. Система вентиляции картера (открытая, закрытая).
13. Назначение и классификация систем охлаждения (жидкостная, воздушная). Принципиальная схема жидкостной системы охлаждения. Малый и большой круг циркуляции.
14. Жидкостный насос (помпа): конструкция, принцип работы, материалы.
15. Термостат: назначение, типы (с твердым наполнителем, с электронным управлением). Конструкция, принцип работы.
16. Радиатор: типы (трубчато-ленточный, трубчато-пластинчатый), конструкция. Расширительный бачок.
17. Вентилятор системы охлаждения: типы (вязкостная муфта, электрический). Предпусковые подогреватели.

7.3.1.2.3 Модуль 3. Системы питания, наддува и выпуска

Перечень вопросов для собеседования:

1. Классификация систем впрыска бензиновых двигателей: центральный (моновпрыск), распределенный (многоточечный), непосредственный впрыск (GDI). Принципиальные схемы, преимущества и недостатки.
2. Основные элементы систем распределенного впрыска: топливный бак, электрический топливный насос, регулятор давления, топливная рампа, форсунки (электромагнитные). Топливный ф ильтр.
3. Датчики системы управления бензиновым двигателем: ДМРВ, ДАД, ДПДЗ, ДТОЖ, ДД, лямбда-зонд (кислородный датчик). Их назначение и принцип работы.

4. Система непосредственного впрыска бензина (GDI): особенности конструкции топливной аппаратуры (ТНВД, форсунки высокого давления). Режимы работы (стратифицированное, гомогенное смесеобразование).

5. Система улавливания паров топлива (адсорбер): назначение, устройство, принцип работы.

6. Классификация систем впрыска дизельных двигателей: рядные ТНВД, распределительные ТНВД, насос-форсунки, аккумуляторные системы Common Rail.

7. Система Common Rail: принципиальная схема, основные элементы (ТНВД высокого давления, регулятор давления, рампа-аккумулятор, форсунки). Типы форсунок (электрогидравлические, пьезоэлектрические).

8. Назначение и типы агрегатов наддува. Приводные нагнетатели (Roots, Lysholm): устройство, принцип работы, характеристики.

9. Турбокомпрессор: устройство, принцип работы. Основные элементы (компрессорное колесо, турбинное колесо, корпус, подшипниковый узел). Система смазки и охлаждения турбокомпрессора.

10. Регулирование давления наддува: перепускной клапан (wastegate), турбины с изменяемой геометрией (VGT/VNT). Принцип работы.

11. Интеркулер (промежуточный охладитель наддувочного воздуха): назначение, типы (воздух-воздух, воздух-вода). Влияние на эффективность наддува.

12. Система выпуска отработавших газов: выпускной коллектор, приемная труба. Материалы (чугун, нержавеющая сталь).

13. Каталитический нейтрализатор: назначение, типы (окислительный, трехкомпонентный). Состав, принцип работы. Датчики кислорода (лямбда-зонды) до и после нейтрализатора.

14. Сажевый фильтр (DPF): назначение, конструкция. Методы регенерации (активная, пассивная).

15. Система рециркуляции отработавших газов (EGR): назначение, принцип работы, конструктивные типы (пневматическая, электронная). Влияние на токсичность.

16. Глушители шума: типы (абсорбционные, реактивные, комбинированные). Принцип работы.

7.3.1.3 Рубежный контроль по модулям (тестирование)

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

Пример тестовых заданий (один вариант)

1. **Какой тип двигателя характеризуется наличием распределительного вала в головке блока цилиндров и непосредственным приводом клапанов от кулачков?**
2. A) OHV
3. B) OHC
4. C) V-образный
5. D) Оппозитный

Правильный ответ: B

6. **Какое конструктивное решение применяется для компенсации тепловых деформаций поршня?**
7. A) Увеличение толщины днища
8. B) Бочкообразная и овальная форма юбки
9. C) Применение стального поршня
10. D) Увеличение числа поршневых колец

Правильный ответ: B

11. **Какой элемент системы смазки предназначен для поддержания постоянного давления масла в магистрали?**

12. A) Масляный фильтр

13. B) Редукционный клапан

14. C) Перепускной клапан

15. D) Масляный радиатор

Правильный ответ: B

16. **Какая система впрыска топлива позволяет реализовать режим стратифицированного смесеобразования?**

17. A) Распределенный впрыск (MPI)

18. B) Центральный впрыск (моновпрыск)

19. C) Непосредственный впрыск (GDI)

20. D) Карбюраторная система

Правильный ответ: C

21. **Какой элемент турбокомпрессора предназначен для регулирования давления наддува путем перепуска отработавших газов мимо турбины?**

22. A) VGT

23. B) Интеркулер

24. C) Wastegate

25. D) Blow-off клапан

Правильный ответ: C

7.3.1.4 Оценочные средства для индивидуального задания в рамках сквозного проекта

Индивидуальное задание в рамках сквозного проекта является одним из ключевых методов контроля, позволяющим оценить способность студента применять полученные теоретические знания и практические навыки для решения комплексной профессиональной задачи. Задание выполняется студентом самостоятельно в течение семестра и представляет собой разработку раздела сквозного проекта, соответствующего первому этапу «Концептуальное проектирование».

Содержание индивидуального задания:

Индивидуальное задание включает в себя выполнение следующих этапов:

1. **Анализ существующих конструкций поршневых двигателей.** Студент проводит обзор существующих двигателей-аналогов по заданным параметрам (мощность, рабочий объем, тип двигателя, область применения). Анализируются конструктивные особенности, технические характеристики, преимущества и недостатки различных конструктивных схем (рядные, V-образные, оппозитные; типы ГРМ; системы питания и наддува). По результатам анализа обосновывается выбор прототипа для проектирования.

2. **Формирование библиотеки технических решений.** На основе изученных в ходе дисциплины конструктивных схем, узлов и систем студент формирует библиотеку технических решений, которая включает: описание конструктивных особенностей выбранного прототипа; анализ материалов, применяемых для основных деталей (поршень, шатун, коленчатый вал, блок цилиндров, головка блока); обоснование выбора типа системы смазки, охлаждения, питания; предварительный выбор параметров системы наддува (при необходимости).

3. **Разработка технического задания на проектируемый двигатель.** На основе проведенного анализа и сформулированных требований студент разрабатывает техническое задание, которое включает: назначение и область применения двигателя; основные технические параметры (мощность, крутящий момент, частота вращения, рабочий объем, степень сжатия); требования к конструкции (компоновочная схема, количество цилиндров, тип ГРМ, системы); требования к материалам; требования к системам (смазки, охлаждения, питания, наддува, выпуска); экологические требования; требования к надежности и ресурсу.

Требования к оформлению:

Индивидуальное задание выполняется в форме пояснительной записки объемом 15-20 страниц, включающей:

- титульный лист с указанием темы задания, ФИО студента, группы, руководителя;
- содержание;
- введение с обоснованием актуальности выбранной темы;
- основную часть, содержащую анализ прототипа, библиотеку технических решений и техническое задание;
- заключение с выводами по результатам выполненной работы;
- список использованных источников (включая нормативную документацию, техническую литературу, интернет-ресурсы);
- приложения (схемы, эскизы, таблицы характеристик).

Графический материал (схемы, эскизы) может быть выполнен вручную или с использованием CAD-систем.

7.3.1.5 Оценочные средства для практических занятий

Типовые задания для практических занятий

Модуль 1. Остов двигателя и КШМ

Задание 1. Анализ компоновочных схем двигателей

По заданным параметрам (количество цилиндров, рабочий объем, тип охлаждения) выполнить анализ существующих двигателей-аналогов. Сравнить конструктивные схемы (рядные, V-образные) двух двигателей, выделить преимущества и недостатки. Обосновать выбор схемы для заданных условий эксплуатации.

Задание 2. Изучение конструкций поршней

По заданному эскизу поршня (бензиновый/дизельный) определить: тип днища, количество и расположение канавок под кольца, конструкцию бобышек, наличие масляного охлаждения. Обосновать конструктивные особенности для заданного типа двигателя.

Задание 3. Изучение конструкций шатунов

По заданному чертежу шатуна определить: тип разъема нижней головки (прямой/косой), форму сечения стержня, наличие масляного канала. Рассчитать приблизительную длину шатуна по заданному ходу поршня и параметру λ. Объяснить выбор формы сечения стержня.

Задание 4. Изучение конструкций коленчатых валов

По заданному чертежу коленчатого вала определить: количество коренных и шатунных шеек, порядок работы цилиндров, наличие противовесов, схему масляных каналов. Определить тип коленчатого вала (полноопорный/неполноопорный). Объяснить назначение противовесов.

Модуль 2. ГРМ, системы смазки и охлаждения

Задание 5. Изучение конструкций ГРМ

По заданной схеме привода ГРМ (ремень/цепь) определить тип привода, количество и расположение распределительных валов, наличие натяжителя и успокоителя. Выполнить расчет передаточного отношения привода ГРМ. Объяснить последствия обрыва ремня/цепи для заданного типа двигателя.

Задание 6. Изучение конструкций гидрокомпенсаторов

По заданному чертежу гидрокомпенсатора описать принцип его работы на различных этапах (впуск, сжатие, рабочий ход, выпуск). Объяснить, как происходит автоматическое регулирование теплового зазора.

Задание 7. Изучение конструкций масляных насосов

По заданному чертежу масляного насоса (шестеренчатого) рассчитать его подачу по заданным геометрическим параметрам шестерен (модуль, число зубьев, ширина) и частоте вращения. Объяснить работу редукционного клапана.

Задание 8. Изучение конструкций термостатов

По заданной характеристике термостата (график зависимости перемещения клапана от температуры) определить температуру начала открытия, полного открытия. Описать принцип работы термостата с твердым наполнителем.

Модуль 3. Системы питания, наддува и выпуска

Задание 9. Изучение конструкций форсунок

По заданному чертежу электромагнитной форсунки описать ее устройство и принцип работы. Объяснить, как формируется управляющий импульс и как происходит дозирование топлива.

Задание 10. Изучение конструкций ТНВД

По заданной схеме ТНВД рядного типа описать процесс создания высокого давления. Рассчитать цикловую подачу топлива по заданным параметрам двигателя.

Задание 11. Изучение конструкций турбокомпрессоров

По заданной характеристике турбокомпрессора (график зависимости степени повышения давления от расхода) определить рабочую точку для заданного двигателя. Объяснить причины помпажа и способы его предотвращения.

7.3.1.6 Оценочные средства для лабораторных работ

Перечень лабораторных работ и контрольные вопросы для защиты

Лабораторная работа №1. Изучение конструкции блока цилиндров, головки блока и прокладки на разрезе двигателя

Краткое содержание: визуальный осмотр и изучение конструкции блока цилиндров, гильз, головки блока. Определение типа гильз (мокрые/сухие), типа камеры сгорания, материала деталей. Измерение диаметра цилиндра.

Контрольные вопросы для защиты:

- Какие типы блоков цилиндров существуют и чем они отличаются?
- Каковы признаки «мокрой» и «сухой» гильзы?
- Из каких материалов изготавливают ГБЦ и почему?
- Каковы особенности прокладок MLS?
- Как определить тип камеры сгорания по конструкции ГБЦ?

Лабораторная работа №2. Изучение конструкции поршня, поршневых колец и поршневого пальца на реальных деталях

Краткое содержание: изучение конструкции поршня, колец, пальца. Определение типа поршня (бензиновый/дизельный), измерение зазора в замке поршневого кольца, измерение диаметра поршневого пальца. Демонтаж/монтаж колец на поршень.

Контрольные вопросы для защиты:

- Каковы основные отличия поршня бензинового и дизельного двигателя?
- Как проверить зазор в замке поршневого кольца и почему он важен?
- Какие типы поршневых пальцев существуют и как они фиксируются?
- Для чего нужна бочкообразная форма юбки поршня?
- Каковы признаки износа поршневых колец?

Лабораторная работа №3. Изучение конструкции шатуна, шатунных болтов и вкладышей

Краткое содержание: изучение конструкции шатуна. Измерение диаметров верхней и нижней головок. Изучение конструкции вкладышей. Измерение зазора в сопряжении шатун-шейка коленчатого вала с помощью пластиковой проволоки (калиброванной).

Контрольные вопросы для защиты:

- Каковы конструктивные особенности шатунов для дизельных двигателей?
- Для чего используется косой разъем нижней головки шатуна?
- Как контролируется момент затяжки шатунных болтов?
- Каковы признаки износа вкладышей?
- Какую роль играет масляный канал в шатуне?

Лабораторная работа №4. Изучение конструкции коленчатого вала, маховика

Краткое содержание: изучение конструкции коленчатого вала. Измерение диаметров коренных и шатунных шеек микрометром. Определение износа (овальности, конусности). Изучение конструкции маховика, двухмассового маховика (при наличии).

Контрольные вопросы для защиты:

- Чем отличается коленчатый вал рядного и V-образного двигателя?
- Каковы способы восстановления шеек коленчатого вала?
- Как устроен двухмассовый маховик и в чем его преимущество?
- Для чего нужны противовесы на коленчатом валу?
- Каковы причины выхода из строя демпфера крутильных колебаний?

Лабораторная работа №5. Изучение конструкции ГРМ на разрезе двигателя

Краткое содержание: изучение конструкции ГРМ. Определение типа привода (ремень/цепь), расположения распределительных валов. Изучение устройства натяжителя и успокоителя цепи/ремня.

Контрольные вопросы для защиты:

- Каковы преимущества и недостатки ременного и цепного привода ГРМ?
- Как работает гидравлический натяжитель цепи?
- Какие последствия возникают при обрыве ремня ГРМ на различных типах двигателей?
- Как определить метки ГРМ при установке ремня?
- Каковы признаки износа цепи ГРМ?

Лабораторная работа №6. Изучение конструкции газораспределительного механизма со снятой ГБЦ

Краткое содержание: изучение конструкции клапанов, пружин, сухарей, направляющих втулок, седел. Выполнение разборки клапанного механизма с помощью съемника. Проверка герметичности клапанов (наливом керосина).

Контрольные вопросы для защиты:

- Каковы отличия впускного и выпускного клапанов?
- Какова роль сухарей в клапанном механизме?
- Каковы причины прогара клапанов?
- Как проверить герметичность клапана в седле?
- Каковы признаки износа направляющих втулок клапанов?

Лабораторная работа №7. Изучение конструкции масляного насоса, масляного фильтра

Краткое содержание: изучение конструкции масляного насоса (шестеренчатого). Измерение зазоров между шестернями и корпусом. Изучение конструкции масляного фильтра, перепускного и противодренажного клапанов.

Контрольные вопросы для защиты:

- Как определяется производительность масляного насоса?
- Для чего нужен редукционный клапан в масляном насосе?
- Каковы признаки неисправности масляного насоса?
- Чем отличаются полнопоточные и неполнопоточные масляные фильтры?
- Какова роль перепускного клапана в масляном фильтре?

Лабораторная работа №8. Изучение конструкции водяного насоса, термостата, радиатора

Краткое содержание: изучение конструкции водяного насоса (центробежного). Изучение конструкции термостата. Проверка температуры открытия термостата. Изучение конструкции радиатора.

Контрольные вопросы для защиты:

- Как устроено уплотнение водяного насоса?
- Каковы признаки неисправности термостата?
- Как проверить работоспособность термостата в домашних условиях?
- Каковы преимущества алюминиевых радиаторов?

• Какова роль расширительного бачка в системе охлаждения?

Лабораторная работа №9. Изучение конструкции топливной аппаратуры бензинового двигателя

Краткое содержание: изучение конструкции топливной рампы, форсунок, регулятора давления. Проверка сопротивления обмоток форсунок. Изучение конструкции дроссельного узла с электронным управлением.

Контрольные вопросы для защиты:

• Как отличить форсунку распределенного впрыска от форсунки непосредственного впрыска?

• Каковы признаки неисправной форсунки?

• Как работает регулятор давления топлива?

• Для чего нужен датчик положения дроссельной заслонки?

• Какова роль адсорбера в системе улавливания паров топлива?

Лабораторная работа №10. Изучение конструкции топливной аппаратуры дизельного двигателя (Common Rail)

Краткое содержание: изучение конструкции ТНВД, рампы, форсунок высокого давления. Проверка сопротивления обмоток пьезофорсунок (при наличии).

Контрольные вопросы для защиты:

• Каковы отличия пьезоэлектрической форсунки от электрогидравлической?

• Для чего нужен регулятор давления в рампе?

• Каковы признаки неисправности форсунок Common Rail?

• Какие меры предосторожности необходимо соблюдать при работе с топливной аппаратурой высокого давления?

• Какова роль свечей накаливания в дизельном двигателе?

7.3.1.7 Оценочные средства для курсовой работы (проекта)

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

7.3.2 Промежуточная аттестация (экзамен)

7.3.2.1 Условия допуска к экзамену

Студент допускается к сдаче экзамена при выполнении следующих условий:

• Успешное прохождение всех трех рубежных контролей (устных опросов по модулям) с оценкой не ниже «удовлетворительно».

• Выполнение и защита всех лабораторных работ, предусмотренных учебным планом (10 лабораторных работ).

• Выполнение и защита всех практических занятий (не менее 80% заданий выполнены и защищены).

• Выполнение и защита индивидуального задания в рамках сквозного проекта (первый этап «Концептуальное проектирование») с оценкой не ниже «удовлетворительно». Результаты выполнения индивидуального задания учитываются как основа для оценки сформированности знаний, необходимых для последующего освоения компетенции ПК-1.

• Отсутствие академической задолженности по дисциплине.

7.3.2.2 Структура экзаменационного билета

Экзаменационный билет состоит из трех теоретических вопросов (по одному из каждого модуля) и одного практико-ориентированного задания (по выбору преподавателя из любого модуля).

Структура билета:

• **Вопрос 1** (Модуль 1): Остов двигателя и кривошипно-шатунный механизм.

• **Вопрос 2** (Модуль 2): Механизм газораспределения, системы смазки и охлаждения.
• **Вопрос 3** (Модуль 3): Системы питания, наддува и выпуска.
• **Задание 4**: Практико-ориентированное задание (анализ схемы, идентификация детали, описание неисправности, расчет параметра и т.п.).

7.3.2.3 Типовые экзаменационные билеты

Экзаменационный билет №1

Вопрос 1 (Модуль 1)

Поршень: назначение, конструкция, материалы. Профиль юбки поршня и его назначение. Конструктивные особенности поршней для бензиновых и дизельных двигателей.

Вопрос 2 (Модуль 2)

Назначение и классификация систем смазки. Принципиальная схема системы с мокрым картером. Масляный насос: типы, конструкция, принцип работы.

Вопрос 3 (Модуль 3)

Классификация систем впрыска бензиновых двигателей. Система распределенного впрыска: состав, основные элементы, принцип работы.

Задание 4

На рисунке представлена схема привода ГРМ. Определите тип привода (ремень/цепь), укажите элементы схемы. Объясните назначение натяжителя и успокоителя. Каковы последствия обрыва ремня ГРМ для заданного типа двигателя?

Экзаменационный билет №2

Вопрос 1 (Модуль 1)

Коленчатый вал: назначение, конструкция, материалы. Способы упрочнения коленчатого вала. Демпферы крутильных колебаний: назначение и типы.

Вопрос 2 (Модуль 2)

Механизм газораспределения (ГРМ): назначение, классификация. Типы ГРМ (OHV, OHC, DOHC). Их сравнительный анализ.

Вопрос 3 (Модуль 3)

Система Common Rail: принципиальная схема, основные элементы, преимущества. Типы форсунок Common Rail и их отличия.

Задание 4

По описанию определите деталь: «Изготавливается из алюминиевого сплава. Имеет канавки на наружной поверхности, бобышки с отверстием и сложный профиль юбки. В днище может иметь углубление для организации смесеобразования». Назовите деталь, укажите ее назначение и основные конструктивные элементы. Каковы особенности конструкции для дизельного двигателя?

Экзаменационный билет №3

Вопрос 1 (Модуль 1)

Шатун: назначение, конструкция, материалы. Особенности конструкции шатунов для дизельных двигателей. Шатунные болты: конструкция и требования к затяжке.

Вопрос 2 (Модуль 2)

Система охлаждения: назначение, классификация. Принципиальная схема жидкостной системы охлаждения. Термостат: назначение, типы, принцип работы.

Вопрос 3 (Модуль 3)

Турбокомпрессор: устройство, принцип работы. Регулирование давления наддува (wastegate, VGT). Интеркулер: назначение и типы.

Задание 4

На рисунке представлена индикаторная диаграмма с указанием фаз газораспределения. Определите, какие события рабочего цикла происходят в точках «а» и «б». Укажите угол

опережения зажигания/впрыска. Объясните влияние изменения фаз газораспределения на мощностные и экономические показатели двигателя.

7.3.2.4 Полный перечень теоретических вопросов к экзамену по каждой теме

Модуль 1. Остов двигателя и кривошипно-шатунный механизм (КШМ)

22. Назначение, классификация и общая компоновка поршневого двигателя. Основные механизмы и системы.

23. Требования, предъявляемые к современным двигателям. Тенденции развития конструкций автомобильных двигателей.

24. Назначение, конструкция и материалы блока цилиндров. Типы блоков (рядные, V-образные, оппозитные).

25. Гильзы цилиндров: назначение, типы («мокрые», «сухие»). Конструктивные особенности и способы установки.

26. Головка блока цилиндров (ГБЦ): назначение, конструкция, материалы. Прокладка ГБЦ, типы (металлические, многослойные MLS).

27. Камеры сгорания: типы (полусферические, клиновые, плоскоовальные, вихревые). Их влияние на рабочий процесс.

28. Поддон картера: назначение, конструкция, материалы. Роль в системе смазки.

29. Поршень: назначение, условия работы, материалы (алюминиевые сплавы, стали). Конструкция поршня: днище, жаровой пояс, уплотняющая часть, бобышки, юбка.

30. Профиль юбки поршня: бочкообразность, овальность. Назначение и компенсация тепловых деформаций.

31. Охлаждение поршня (масляное охлаждение, галереи охлаждения). Конструктивные особенности.

32. Поршневые кольца: назначение, классификация. Компрессионные кольца: конструкция, материалы (чугун, сталь), покрытия. Формы профиля.

33. Маслосъемные кольца: назначение, конструкция (цельные, составные с пружинным расширителем). Эпюра давления кольца на стенку цилиндра.

34. Поршневой палец: назначение, типы (плавающий, закрепленный). Материалы. Способы фиксации (стопорные кольца, заглушки).

35. Шатун: назначение, условия работы. Конструкция: верхняя головка (с втулкой и без), стержень (двутавровое, Н-образное сечение), нижняя головка (прямой, косой разъем).

36. Материалы шатуна (сталь, титан). Почему шатуны дизельных двигателей часто имеют Н-образное сечение стержня?

37. Шатунные болты: конструкция, материалы, требования к затяжке. Вкладыши подшипников шатуна: конструкция, материалы, покрытия.

38. Коленчатый вал: назначение, условия работы. Конструкция: коренные и шатунные шейки, щеки, противовесы. Полноопорные и неполноопорные валы.

39. Материалы коленчатого вала (сталь, высокопрочный чугун). Способы изготовления (ковка, литье). Способы упрочнения (азотирование, закалка ТВЧ, накатка галтелей).

40. Масляные каналы в коленчатом валу. Демпферы крутильных колебаний: назначение, типы (резиновые, вязкостные, с маятниковым гасителем).

41. Маховик: назначение, конструкция, материалы. Двухмассовый маховик: устройство, принцип работы, преимущества.

42. Подшипники коленчатого вала: коренные вкладыши, упорные полукольца. Конструкция, материалы, смазка.

Модуль 2. Механизм газораспределения (ГРМ), системы смазки и охлаждения

43. Назначение и классификация механизма газораспределения (ГРМ). Типы ГРМ: OHV, OHC, DOHC. Сравнительный анализ.

44. Привод распределительного вала: зубчатый ремень, цепь, шестерни. Устройства натяжения и успокоения (натяжители, успокоители). Передаточное отношение.

45. Распределительный вал: конструкция, профиль кулачков (симметричный, асимметричный), опорные шейки. Материалы, термообработка.

46. Клапанный механизм: клапаны (впускные, выпускные), направляющие втулки, седла клапанов. Материалы, особенности выпускных клапанов (жаропрочные стали, наплавка).

47. Пружины клапанов: конструкция, материалы, особенности (с переменным шагом, с неравномерным шагом). Тарелки пружин, сухари.

48. Гидрокомпенсаторы: назначение, устройство, принцип работы. Преимущества применения.

49. Системы изменения фаз газораспределения (VVT): принцип работы, конструктивные типы (гидравлические муфты, электромеханические приводы).

50. Системы изменения высоты подъема клапанов (Valvetronic, MultiAir). Деактивация цилиндров. Конструктивные особенности.

51. Назначение и классификация систем смазки. Схемы: с мокрым картером, с сухим картером. Принципиальная схема системы с мокрым картером.

52. Масляный насос: назначение, типы (шестеренчатые с внешним и внутренним зацеплением, роторные, регулируемые). Конструкция, принцип работы.

53. Редукционный клапан: назначение, конструкция, принцип работы. Перепускной клапан масляного фильтра.

54. Масляный фильтр: назначение, типы (полнопоточные, неполнопоточные). Конструкция фильтрующего элемента. Какие материалы используются в фильтрующих элементах?

55. Масляный радиатор и теплообменник: назначение, типы. Система вентиляции картера (открытая, закрытая).

56. Моторные масла: классификация по SAE, API, ACEA. Почему вязкость масла критически важна для работы двигателя?

57. Назначение и классификация систем охлаждения (жидкостная, воздушная). Принципиальная схема жидкостной системы охлаждения.

58. Малый и большой круг циркуляции охлаждающей жидкости. Рубашка охлаждения блока и головки.

59. Жидкостный насос (помпа): конструкция, принцип работы (центробежный), материалы. Уплотнение насоса.

60. Термостат: назначение, типы (с твердым наполнителем, с электронным управлением). Конструкция, принцип работы.

61. Радиатор: типы (трубчато-ленточный, трубчато-пластинчатый), конструкция. Расширительный бачок.

62. Вентилятор системы охлаждения: типы (вязкостная муфта, электрический). Предпусковые подогреватели.

63. Охлаждающие жидкости (антифризы, тосолы): состав, свойства, требования. Почему нельзя смешивать антифризы разных типов?

Модуль 3. Системы питания, наддува и выпуска

62. Классификация систем впрыска бензиновых двигателей: центральный (моновпрыск), распределенный (многоточечный), непосредственный впрыск (GDI). Принципиальные схемы, преимущества и недостатки.

63. Основные элементы систем распределенного впрыска: топливный бак, электрический топливный насос, регулятор давления, топливная рампа, форсунки.

64. Датчики системы управления бензиновым двигателем: ДПКВ, ДПРВ, ДМРВ, ДАД, ДПДЗ, ДТОЖ, ДД, лямбда-зонды. Их назначение.

65. Система непосредственного впрыска бензина (GDI): особенности конструкции топливной аппаратуры (ТНВД, форсунки высокого давления).

66. Режимы работы системы непосредственного впрыска (стратифицированное, гомогенное смесеобразование). Система улавливания паров топлива (адсорбер).

67. Классификация систем впрыска дизельных двигателей: рядные ТНВД, распределительные ТНВД, насос-форсунки, аккумуляторные системы Common Rail.

68. Система Common Rail: принципиальная схема, основные элементы (ТНВД высокого давления, регулятор давления, рампа-аккумулятор, форсунки).

69. Типы форсунок Common Rail (электрогидравлические, пьезоэлектрические). Их устройство и принцип работы.

70. Свечи накаливания: назначение, устройство, принцип работы. Блок управления накалом.

71. Назначение и типы агрегатов наддува. Приводные нагнетатели (Roots, Lysholm): устройство, принцип работы, характеристики.

72. Турбокомпрессор: устройство, принцип работы. Основные элементы (компрессорное колесо, турбинное колесо, корпус, подшипниковый узел).

73. Система смазки и охлаждения турбокомпрессора. Почему турбокомпрессор требует принудительного охлаждения после остановки двигателя?

74. Регулирование давления наддува: перепускной клапан (wastegate), турбины с изменяемой геометрией (VGT/VNT). Принцип работы.

75. Интеркулер (промежуточный охладитель наддувочного воздуха): назначение, типы (воздух-воздух, воздух-вода). Влияние на эффективность наддува.

76. Система выпуска отработавших газов: выпускной коллектор, приемная труба. Материалы (чугун, нержавеющая сталь).

77. Каталитический нейтрализатор: назначение, типы (окислительный, трехкомпонентный). Принцип работы. Какие материалы используются в каталитических нейтрализаторах?

78. Сажевый фильтр (DPF): назначение, конструкция. Методы регенерации (активная, пассивная).

79. Система рециркуляции отработавших газов (EGR): назначение, принцип работы, конструктивные типы. Влияние на токсичность.

80. Глушители шума: типы (абсорбционные, реактивные, комбинированные). Принцип работы. Турбокомпаундные системы.