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

КОНСТРУКЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПОРШНЕВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ И ТУРБОМАШИН

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 / Уртаев Д.А/

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 ... 5
3.1. Виды учебной работы и трудоемкость ... 5
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) ... 11
4. Учебно-методическое и информационное обеспечение ... 12
4.1. Нормативные документы и ГОСТы ... 12
4.2. Основная литература ... 12
4.3. Дополнительная литература ... 12
4.4. Электронные образовательные ресурсы ... 12
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 ... 14
6.1. Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения ... 14
6.2. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины ... 15
7. Фонд оценочных средств ... 16
7.1 Методы контроля и оценивания результатов обучения ... 16
7.2 Шкала и критерии оценивания результатов обучения ... 18
7.3 Оценочные средства ... 22

1. Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине

Целью освоения дисциплины является формирование у обучающихся системы теоретических знаний и практических навыков в области материаловедения, необходимых для обоснованного выбора конструкционных и эксплуатационных материалов, назначения видов термической и химико-термической обработки при проектировании, изготовлении и эксплуатации деталей и узлов поршневых двигателей и турбомашин на всех этапах сквозного проектирования.

Задачами дисциплины являются:

– изучение физико-химических основ строения и свойств металлических и неметаллических материалов, используемых в двигателестроении;

– освоение методов определения механических, технологических и эксплуатационных свойств материалов и факторов, влияющих на их изменение;

– изучение классификации, маркировки, состава, структуры и областей применения конструкционных сталей, чугунов, цветных металлов и сплавов, композиционных и полимерных материалов;

– формирование навыков выбора материалов для деталей двигателя с учётом условий их работы (температура, характер нагружения, агрессивность среды, требования к износостойкости);

– изучение основных видов термической, химико-термической и термомеханической обработки, их влияния на структуру и свойства материалов;

– приобретение навыков назначения режимов упрочняющей обработки для обеспечения требуемых эксплуатационных характеристик деталей (поршней, шатунов, коленчатых валов, клапанов, гильз цилиндров, лопаток турбин);

– ознакомление с современными тенденциями развития материаловедения в двигателестроении, включая жаропрочные сплавы, керамические материалы и покрытия.

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

Планируемые результаты обучения по дисциплине

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
ОПК-5. Способен использовать свойства конструкционных и электротехнических материалов в расчетах параметров и режимов объектов профессиональной деятельности	**ИОПК-5.1.** Умеет использовать свойства конструкционных и электротехнических материалов в расчетах параметров и режимов при разработке, проектировании и испытаниях энергетических установок

Роль дисциплины в формировании компетенций:

Формирующая. Дисциплина обеспечивает системные знания о физико-механических, технологических и эксплуатационных свойствах металлических (стали, чугуны, цветные сплавы, жаропрочные сплавы) и неметаллических (композиционные, полимерные, керамические) материалов, применяемых в деталях поршневых двигателей и турбомашин. В ходе лабораторных работ студенты осваивают методы определения твёрдости, анализа микроструктуры, оценки влияния термообработки на свойства материалов. На практических занятиях и при выполнении индивидуальных заданий формируются навыки обоснованного выбора материала для конкретной детали с учётом условий работы (нагрузки, температура, среда), технологических и экономических факторов, что позволяет использовать свойства материалов в расчётах параметров и режимов при разработке и проектировании энергетических установок (ИОПК-5.1).

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина **«Конструкционные материалы поршневых двигателей и турбомашин»** относится к **обязательной части блока Б.1** учебного плана (код дисциплины: Б1.1.13) и изучается в **3-м семестре**.

Данная дисциплина обеспечивает **второй и третий этапы сквозного проекта** (3D-моделирование и расчётное обоснование), создавая базу для обоснованного выбора материалов при конструировании и последующей оценки работоспособности деталей с учётом их свойств.

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

- **Физика** (школьный курс, а также дисциплина «Физика» (Б1.1.26.3, 2-3 семестры): знание основ строения вещества, тепловых и электрических свойств материалов необходимо для понимания физической сущности процессов, происходящих в материалах при нагружении и нагреве.
- **Химия** (школьный курс, а также дисциплина «Органическая химия» (Б1.1.10, 1 семестр): знание химического состава и основ химических превращений необходимо для понимания процессов коррозии, окисления и влияния легирующих элементов на свойства материалов.
- **Теоретические основы поршневых двигателей и турбомашин** (Б1.1.11, 1 семестр) и **Конструкция поршневых двигателей** (Б1.2.2, 2 семестр): понимание условий работы деталей (температуры, нагрузки, характер трения) необходимо для обоснованного выбора материалов.

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

- **Конструирование и расчет механизмов энергетических установок** (Б1.1.22, 5-6 семестры): выбор материалов является неотъемлемой частью процесса конструирования (III этап).
- **Конструирование поршневых двигателей** (Б1.2.8, 6 семестр) и **Конструирование лопаточных машин** (Б1.2.13, 7 семестр): требуют обоснованного выбора материалов для проектируемых узлов (III этап).
- **Расчет и оптимизация деталей двигателя** (Б1.2.9, 6 семестр): свойства материалов (модуль упругости, предел прочности, предел текучести) являются входными параметрами для CAE-расчётов (III этап).
- **Технологическая подготовка производства в машиностроении** (Б1.2.16, 7 семестр): выбор материала определяет методы получения заготовок и обработки деталей (IV этап).
- **Диагностика и техническая эксплуатация поршневых двигателей и турбомашин** (Б1.2.18, 8 семестр): понимание свойств материалов необходимо для анализа причин отказов и дефектов (V этап).
- Все последующие дисциплины, связанные с конструированием, расчётом, изготовлением и эксплуатацией двигателей, а также подготовка и защита выпускной квалификационной работы

3. Структура и содержание дисциплины

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

3.1. Виды учебной работы и трудоемкость

№ п/п	Вид учебной работы	Количество часов	Семестр 3
1	Аудиторные занятия	54	54
	В том числе:		
1.1	Лекции	18	18
1.2	Семинарские/практические занятия	18	18
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	**108**	**108**

Примечание: общая трудоёмкость дисциплины составляет 108 часов.

3.2. Тематический план изучения дисциплины

№ п/п	Название раздела / темы	Всего часов	Аудиторная работа	Лекции	Семинарские/ практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
Семестр 3	**Конструкционные материалы**						
1	Тема 1. Введение. Классификация и общие требования к материалам	8	4	2	2	—	4
2	Тема 2. Физико-механические свойства материалов	10	4	2	2	—	6

№ п/п	Название раздела / темы	Всего часов	Аудиторная работа	Лекции	Семинарские/ практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
3	Тема 3. Основы металловедения. Диаграмма состояния железо-углерод	14	6	2	2	2	8
4	Тема 4. Конструкционные стали для деталей двигателя	14	6	2	2	2	8
5	Тема 5. Чугуны в двигателестроении	10	4	2	2	—	6
6	Тема 6. Цветные металлы и сплавы в двигателестроении	12	6	2	2	2	6
7	Тема 7. Жаропрочные и жаростойкие сплавы для турбомашин	12	6	2	2	2	6
8	Тема 8. Композиционные и неметаллические материалы	8	4	2	2	—	4
9	Тема 9. Материалы для узлов	8	4	2	2	—	4

№ п/п	Название раздела / темы	Всего часов	Аудиторная работа	Лекции	Семинарские/ практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
	трения. Антифрикционные и фрикционные материалы						
10	Тема 10. Выбор материалов для сквозного проекта. Источники данных о свойствах	8	4	2	2	—	4
11	Подготовка к экзамену	4	—	—	—	—	4
	Итого за 1 семестр	**108**	**54**	**18**	**18**	**18**	**54**

3.3. Содержание дисциплины

Семестр 3. Конструкционные материалы

Тема 1. Введение. Классификация и общие требования к материалам

Роль материалов в современном двигателестроении. Классификация конструкционных материалов (металлические, неметаллические, композиционные). Общие требования к материалам для поршневых двигателей и турбомашин: механические (прочность, пластичность, твердость, усталостная прочность), физические (плотность, теплопроводность, температурный коэффициент линейного расширения), технологические (обрабатываемость, свариваемость, литейные свойства), экономические и экологические. Связь выбора материала с этапами сквозного проектирования.

Тема 2. Физико-механические свойства материалов

Упругая и пластическая деформация. Прочность, пределы текучести и прочности. Твердость и методы её измерения (Бринелль, Роквелл, Виккерс). Ударная вязкость. Выносливость и предел выносливости. Износостойкость. Ползучесть и длительная прочность. Жаропрочность и жаростойкость. Влияние температуры на механические свойства. Методы испытаний материалов. Статические и динамические испытания. Определение твёрдости. Усталостные

испытания. Источники данных о свойствах материалов (ГОСТы, справочники, базы данных производителей, CAE-системы).

Тема 3. Основы металловедения. Диаграмма состояния железо-углерод

Кристаллическое строение металлов. Дефекты кристаллической решетки. Понятие о сплавах. Фазы и структуры в металлических сплавах. Твердые растворы, химические соединения, механические смеси. Правило фаз и правило отрезков. Диаграмма состояния железо-цементит (Fe-Fe3C). Фазы и структурные составляющие: феррит, аустенит, цементит, перлит, ледебурит. Критические точки. Связь структуры со свойствами. Влияние углерода на структуру и свойства стали. Классификация сталей по структуре и содержанию углерода (доэвтектоидные, эвтектоидные, заэвтектоидные). Белые и серые чугуны.

Тема 4. Конструкционные стали для деталей двигателя

Классификация сталей по химическому составу (углеродистые, легированные), по качеству, по назначению. Маркировка сталей по российским и международным стандартам. Влияние легирующих элементов (Cr, Ni, Mo, V, Mn, Si) на структуру и свойства сталей. Стали для деталей кривошипно-шатунного механизма (коленчатые валы, шатуны, поршневые пальцы): требования, применяемые материалы (стали 40, 45, 40Х, 40ХН, 18Х2Н4МА, 38Х2МЮА), термообработка. Стали для клапанов, пружин, крепежа. Стали с особыми технологическими свойствами (автоматные, для холодной штамповки). Высокопрочные стали. Мартенситно-стареющие стали.

Тема 5. Чугуны в двигателестроении

Классификация чугунов по структуре металлической основы (ферритные, перлитные, феррито-перлитные) и форме графита. Серые чугуны с пластинчатым графитом (СЧ): маркировка, свойства, применение (блоки цилиндров, головки блоков, гильзы). Высокопрочные чугуны с шаровидным графитом (ВЧ): маркировка, свойства, применение (коленчатые валы, поршни). Ковкие чугуны (КЧ): получение, свойства, применение. Легированные чугуны. Чугуны с вермикулярным графитом. Сравнение чугунов со сталями. Преимущества и недостатки.

Тема 6. Цветные металлы и сплавы в двигателестроении

Алюминий и его сплавы. Классификация, маркировка, термическая обработка (дюралюмины). Применение алюминиевых сплавов для поршней, головок блоков, блоков цилиндров, корпусных деталей. Сплавы на основе меди: латуни и бронзы. Маркировка, свойства, применение (втулки, подшипники, седла клапанов). Подшипниковые сплавы: баббиты, алюминиевые подшипниковые сплавы, свинцовистые бронзы. Биметаллические и триметаллические вкладыши. Титан и его сплавы: свойства, маркировка, применение (шатуны, клапаны, пружины). Магниевые сплавы: свойства, применение.

Тема 7. Жаропрочные и жаростойкие сплавы для турбомашин

Условия работы материалов в турбокомпрессорах и газовых турбинах. Жаропрочность и жаростойкость. Механизмы упрочнения жаропрочных сплавов. Никелевые жаропрочные сплавы: литейные и деформируемые (Inconel, Nimonic, отечественные аналоги). Состав, структура, свойства, применение (лопатки турбин, сопловые аппараты, корпуса). Кобальтовые сплавы. Жаропрочные стали. Защитные покрытия. Керамические материалы в турбомашинах.

Тема 8. Композиционные и неметаллические материалы

Понятие о композиционных материалах (КМ). Матрица и наполнитель. Классификация КМ. КМ с полимерной матрицей (углепластики, стеклопластики, органопластики). Применение в двигателестроении (корпуса, патрубки, элементы систем впуска). КМ с металлической матрицей.

Дисперсно-упрочненные и волокнистые КМ. Углерод-углеродные композиты. Техническая керамика: свойства (высокая твердость, жаропрочность, износостойкость), применение (подшипники, уплотнения, изолирующие детали). Полимерные материалы: конструкционные пластмассы, эластомеры, герметики, клеи.

Тема 9. Материалы для узлов трения. Антифрикционные и фрикционные материалы

Условия работы узлов трения в двигателе. Трение и износ. Классификация видов износа (абразивный, адгезионный, усталостный, коррозионно-механический). Требования к антифрикционным материалам (низкий коэффициент трения, высокая теплопроводность, прирабатываемость, стойкость к задиру). Материалы для подшипников скольжения (вкладышей): баббиты, алюминиевые сплавы, свинцовистые бронзы. Материалы для направляющих втулок клапанов. Требования к фрикционным материалам (высокий и стабильный коэффициент трения, износостойкость). Материалы для накладок сцепления и тормозных колодок.

Тема 10. Выбор материалов для сквозного проекта. Источники данных о свойствах

Методология обоснованного выбора материала для конкретной детали с учётом условий работы (нагрузки, температуры, среда), технологических и экономических факторов. Примеры выбора материалов для основных деталей проектируемого двигателя (поршень, шатун, коленвал, клапан, гильза цилиндра). Источники данных о свойствах материалов: ГОСТы и ТУ, справочная литература, базы данных машиностроительных материалов (например, MatWeb, Total Materia), данные производителей. Представление свойств материалов в CAE-системах. Учёт материала при создании цифрового двойника.

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 условий работы деталей двигателя и формирование требований к материалам	2
2	Тема 2	Расчёт запаса прочности детали по пределу текучести и временному сопротивлению	2
3	Тема 3	Анализ фазовых превращений на диаграмме Fe-C. Решение задач с правилом отрезков	2
4	Тема 4	Расшифровка марок конструкционных сталей (отечественных и зарубежных аналогов)	2
5	Тема 4	Выбор материала для коленчатого вала с учётом нагрузок и технологии изготовления	2

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование практического занятия	Трудоемкость (час.)
6	Тема 5	Сравнительный анализ свойств серого, высокопрочного и ковкого чугуна	2
7	Тема 6	Расшифровка марок алюминиевых, медных и титановых сплавов. Области применения	2
8	Тема 7	Изучение марок жаропрочных никелевых сплавов и их аналогов	2
9	Тема 8	Анализ свойств и областей применения композиционных материалов	2
	Итого		**18**

3.4.2. Лабораторные занятия

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование лабораторной работы	Трудоемкость (час.)
1	Тема 2	Определение твёрдости материалов методами Бринелля и Роквелла	2
2	Тема 3	Микроструктурный анализ углеродистых сталей в равновесном состоянии	2
3	Тема 3	Микроструктурный анализ белых и серых чугунов	2
4	Тема 4	Микроструктурный анализ легированных конструкционных сталей после термообработки	2
5	Тема 5	Изучение структуры и свойств чугунов с различной формой графита	2
6	Тема 6	Микроструктурный анализ алюминиевых и медных сплавов, применяемых в двигателях	2
7	Тема 7	Изучение микроструктуры жаропрочных никелевых сплавов	2
8	Тема 10	Работа с базами данных свойств материалов. Поиск и анализ свойств заданной детали	2
	Итого		**18**

3.5. Тематика курсовых проектов (курсовых работ)

Курсовой проект (курсовая работа) по дисциплине не предусмотрены. Результаты освоения дисциплины используются при обосновании выбора материалов для деталей проектируемого

двигателя на этапе создания цифрового двойника и при выполнении последующих курсовых проектов по профильным дисциплинам.

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. Материаловедение. Учебник для студ. высш. учеб. заведений / Г. М. Волков, В. М. Зуев – М. : издательство Академия, 2011, 400 с.
2. 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
3. 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. Материаловедение. Учебник для вузов / под редакцией Б. Н. Арзамасова, Г. Г. Му- хина / Арзамасов Б. Н., Макарова В. И., Мухин Г. Г. и др. – М. : издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2001, 648 с.
2. Теория сплавов. Методические указания / под редакцией Г. М. Волкова – МГТУ «МАМИ», 2005.
3. Термическая обработка сталей. Методические указания / под редакцией Г. М. Вол- кова – МГТУ «МАМИ», 2008.
4. Машиностроительные материалы. Методические указания / под редакцией Г. М. Волкова – МГТУ «МАМИ», 2003.
5. Выбор сплавов. Методическое пособие / под редакцией Г. М. Волкова – М.: МГТУ «МАМИ», 2009.
6. 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
7. Щерба, В. Е. Теория, расчет и конструирование поршневых компрессоров объемного действия: В. Е. Щерба. — 2-е изд., доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2024. — 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

Конструкционные материалы для энергетических установок
https://online.mospolytech.ru/course/view.php?id=15726

4.5. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

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

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

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

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

4.6. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

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

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

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

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

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

Научная библиотека Московского политехнического университета – электронный каталог библиотеки университета, содержащий информацию о фондах учебной и научной

литературы. Доступен с любого устройства, имеющего подключение к интернету. Адрес: https://lib.mospolytech.ru.

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

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

5. Материально-техническое обеспечение

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

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

6. Методические рекомендации

6.1. Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения

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

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

Перед началом преподавания преподавателю необходимо:

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

В ходе лекционного занятия преподаватель должен:

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

При проведении практических (семинарских) занятий рекомендуется:

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

При проведении лабораторных занятий (при наличии) рекомендуется:

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

При организации самостоятельной работы студентов следует:

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

При проведении текущего контроля и промежуточной аттестации рекомендуется:

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

В целях повышения эффективности образовательного процесса рекомендуется использовать:

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

6.2. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

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

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

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

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

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

Для успешного освоения дисциплины рекомендуется:

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

При подготовке к текущему контролю и промежуточной аттестации рекомендуется:

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

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

7. Фонд оценочных средств

Для осуществления процедур текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации студентов предусмотрен фонд оценочных средств (ФОС), позволяющий оценить достижение запланированных результатов обучения и уровень сформированности всех компетенций. Фонд оценочных средств состоит из комплектов контрольно-оценочных средств. Комплекты контрольно-оценочных средств включают в себя контрольно-оценочные материалы, позволяющие оценить знания, умения и уровень приобретенных компетенций.

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 «Конструкционные материалы поршневых двигателей и турбомашин» является формирующей для компетенции ОПК-5, обеспечивая теоретические знания и практические навыки в области материаловедения, необходимые для обоснованного выбора конструкционных и эксплуатационных материалов, назначения видов термической и химико-термической обработки при проектировании, изготовлении и эксплуатации деталей и узлов поршневых двигателей и турбомашин на всех этапах сквозного проектирования.

В процессе изучения дисциплины оценивается сформированность следующих компетенций и индикаторов:

ОПК-5. Способен использовать свойства конструкционных и электротехнических материалов в расчетах параметров и режимов объектов профессиональной деятельности

Индикаторы достижения компетенции:

• **ИОПК-5.1.** Умеет использовать свойства конструкционных и электротехнических материалов в расчетах параметров и режимов при разработке, проектировании и испытаниях энергетических установок.

• **ИОПК-5.2.** Умеет рассчитывать элементы и параметры энергетических машин и установок с учётом свойств конструкционных материалов.

Дисциплина «Конструкционные материалы поршневых двигателей и турбомашин» формирует фундаментальные знания и практические навыки, необходимые для выполнения указанных индикаторов компетенции. В ходе изучения дисциплины студент осваивает классификацию и физико-механические свойства конструкционных материалов, основы металловедения, диаграмму состояния железо-углерод, свойства и области применения конструкционных сталей, чугунов, цветных металлов и сплавов, жаропрочных сплавов, композиционных и неметаллических материалов, а также методы термической и химико-термической обработки. Эти знания и навыки являются основой для обоснованного выбора материалов при проектировании деталей двигателя на втором и третьем этапах сквозного проекта «3D-моделирование, создание цифрового двойника» и «Расчётное обоснование, верификация и оптимизация».

В процессе изучения дисциплины используются следующие методы контроля.

Текущее (рубежное) тестирование по модулям

Проводится после завершения изучения каждого из двух модулей дисциплины (в третьем семестре дисциплина изучается в рамках одного семестра и делится на два модуля). Тестирование осуществляется в письменной или компьютерной форме и включает вопросы закрытого и открытого типа, направленные на проверку знаний классификации материалов, их физико-механических свойств, основ металловедения, диаграммы состояния железо-углерод, свойств и областей применения конструкционных сталей, чугунов, цветных металлов и сплавов, жаропрочных сплавов, композиционных материалов, а также методов термической и химико-термической обработки. Результаты тестирования используются для оценки уровня освоения материала модуля и определения готовности студента к дальнейшему обучению. Проверяемые индикаторы: ИОПК-5.1, ИОПК-5.2 (знание свойств материалов, умение использовать эти свойства в расчётах параметров и режимов, умение рассчитывать элементы энергетических машин с учётом свойств материалов).

Устный опрос (собеседование)

Проводится в ходе практических и лабораторных занятий для проверки понимания студентом теоретического материала, способности аргументированно излагать зависимости между структурой, свойствами и областью применения материалов, анализировать условия работы деталей и обосновывать выбор материала. Устный опрос может быть как индивидуальным, так и фронтальным, и направлен на выявление глубины усвоения материала, умения применять полученные знания для решения профессиональных задач. В рамках сквозного проекта устный опрос позволяет оценить способность студента обосновывать выбор материалов для конкретных деталей двигателя. Проверяемые индикаторы: ИОПК-5.1, ИОПК-5.2.

Практические занятия

В ходе выполнения практических заданий (анализ условий работы деталей, расчёт запаса прочности, анализ фазовых превращений на диаграмме Fe-C, расшифровка марок сталей и сплавов, выбор материала для конкретных деталей двигателя) оценивается способность студента применять теоретические знания для решения конкретных профессиональных задач. Результаты выполнения практических заданий фиксируются в виде отчётов, которые защищаются студентом в устной форме. Практические занятия ориентированы на формирование навыков обоснованного выбора материалов для деталей двигателя и турбомашин. Проверяемые индикаторы: ИОПК-5.1, ИОПК-5.2.

Лабораторные работы

При выполнении лабораторных работ студент работает с образцами материалов, измерительными приборами (твердомеры), металлографическими микроскопами. Оценивается умение определять твёрдость материалов, анализировать микроструктуру сталей и сплавов, идентифицировать структурные составляющие, определять фазовый состав по диаграмме Fe-C,

работать с базами данных свойств материалов. Лабораторные работы выполняются в соответствии с методическими указаниями и защищаются студентом путем ответов на контрольные вопросы. Результаты лабораторных работ используются для подготовки раздела сквозного проекта, связанного с обоснованием выбора материалов. Проверяемые индикаторы: ИОПК-5.1, ИОПК-5.2.

Индивидуальное задание в рамках сквозного проекта

Индивидуальное задание в рамках сквозного проекта является одним из ключевых методов контроля, позволяющим оценить способность студента применять полученные теоретические знания и практические навыки для решения комплексной профессиональной задачи. Задание выполняется студентом самостоятельно в течение семестра и представляет собой разработку раздела сквозного проекта, связанного с обоснованием выбора конструкционных материалов для основных деталей проектируемого поршневого двигателя. Содержание индивидуального задания включает анализ условий работы детали (нагрузки, температуры, среда), обоснование выбора материала с учётом механических, технологических и экономических требований, назначение режимов термической или химико-термической обработки, обоснование выбора методов упрочнения. Индивидуальное задание выполняется в форме пояснительной записки объемом 10-15 страниц. Защита индивидуального задания проводится в форме презентации результатов перед преподавателем. Индивидуальное задание в рамках сквозного проекта позволяет комплексно оценить сформированность индикаторов ИОПК-5.1 и ИОПК-5.2.

Экзамен

Промежуточная аттестация проводится в форме экзамена по завершении изучения дисциплины. Экзамен позволяет комплексно оценить знания, умения и навыки студента по всем разделам дисциплины. Экзаменационный билет включает два теоретических вопроса (по основным разделам материаловедения) и одно практико-ориентированное задание (обоснование выбора материала для конкретной детали двигателя). Результаты экзамена определяют итоговую оценку по дисциплине и отражают степень сформированности знаний, необходимых для выполнения второго и третьего этапов сквозного проекта «3D-моделирование, создание цифрового двойника» и «Расчётное обоснование, верификация и оптимизация». Проверяемые индикаторы: ИОПК-5.1, ИОПК-5.2.

Роль дисциплины в оценке результатов сквозного проекта

Дисциплина «Конструкционные материалы поршневых двигателей и турбомашин» формирует фундаментальные знания, необходимые для выполнения второго и третьего этапов сквозного проекта – «3D-моделирование, создание цифрового двойника» и «Расчётное обоснование, верификация и оптимизация». В рамках этих этапов студент должен обосновать выбор материалов для основных деталей проектируемого двигателя (поршня, шатуна, коленчатого вала, клапана, гильзы цилиндра и др.) с учётом условий их работы, назначить режимы термической и химико-термической обработки, а также использовать свойства материалов при выполнении прочностных расчётов. Результаты освоения дисциплины оцениваются в ходе защиты индивидуального задания и отчета по соответствующим этапам сквозного проекта. Оценка сформированности компетенции ОПК-5 по дисциплине учитывается при подведении итогов выполнения сквозного проекта в целом.

7.2 Шкала и критерии оценивания результатов обучения

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 теоретического материала модуля, владеет основными понятиями материаловедения, знает

классификацию и свойства материалов, умеет расшифровывать марки сталей и сплавов. Это свидетельствует о сформированности на пороговом уровне индикаторов ИОПК-5.1 и ИОПК-5.2 в части знаний конструкционных материалов.

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 классификации и свойствах материалов, не может расшифровать марки сталей и сплавов. Студент обязан ликвидировать задолженность по модулю до прохождения следующего рубежного контроля.

Критерии оценки итогового тестирования по курсу

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

Оценка «отлично» выставляется студенту, набравшему от 29 до 30 баллов (97-100% правильных ответов). Студент демонстрирует системные теоретические знания по всем разделам дисциплины, уверенно классифицирует материалы, знает их свойства, умеет расшифровывать марки сталей и сплавов, понимает взаимосвязи между структурой, свойствами и областью применения материалов. Сформированность индикаторов ИОПК-5.1 и ИОПК-5.2 оценивается на продвинутом уровне, что позволяет студенту успешно выполнить раздел сквозного проекта, связанный с выбором материалов.

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 диаграммой состояния железо-углерод или легирующими элементами. Сформированность индикаторов оценивается на базовом уровне, достаточном для выполнения сквозного проекта.

Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, набравшему от 18 до 23 баллов (60-80% правильных ответов). Студент демонстрирует знание основного материала, но допускает ошибки в деталях, испытывает затруднения при ответе на вопросы, требующие анализа свойств материалов, не в полной мере владеет профессиональной терминологией. Сформированность индикаторов оценивается на пороговом уровне, что требует дополнительной работы для успешного выполнения сквозного проекта.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, набравшему от 0 до 17 баллов (менее 60% правильных ответов). Студент не демонстрирует системных знаний, не владеет основными понятиями, не может классифицировать материалы, допускает грубые ошибки в ответах на вопросы, связанные со свойствами материалов. Сформированность индикаторов не достигла порогового уровня, что делает невозможным выполнение раздела сквозного проекта по выбору материалов без дополнительной подготовки.

Критерии оценки устного опроса (собеседования)

Оценка «отлично» выставляется студенту, который глубоко и прочно усвоил материал, исчерпывающе и логически стройно его излагает. Студент демонстрирует полное знание классификации материалов, их физико-механических свойств, основ металловедения, диаграммы состояния железо-углерод, свойств и областей применения конструкционных сталей, чугунов, цветных металлов и сплавов, жаропрочных сплавов, композиционных материалов, а также методов термической и химико-термической обработки. Уверенно и аргументированно отвечает на дополнительные вопросы, свободно владеет профессиональной терминологией. В контексте сквозного проекта такой уровень подготовки позволяет студенту самостоятельно обосновывать выбор материалов для деталей двигателя.

Оценка «хорошо» выставляется студенту, который твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей. Студент владеет основными понятиями и классификациями, умеет расшифровывать марки сталей и сплавов, но может испытывать затруднения при ответе на уточняющие вопросы или при объяснении сложных

процессов (например, фазовых превращений). В целом демонстрирует хорошее владение профессиональной терминологией.

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

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части материала, допускает грубые ошибки в изложении, не может классифицировать материалы и расшифровывать марки. Отсутствует понимание взаимосвязи между структурой и свойствами материалов. Не способен ответить на дополнительные вопросы, не владеет профессиональной терминологией. Студент не готов к выполнению раздела сквозного проекта по выбору материалов.

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 условий работы деталей, расчёта запаса прочности, выбора материала и назначения термообработки. При защите студент аргументирует полученные результаты, отвечает на уточняющие вопросы, демонстрирует владение профессиональной терминологией. В рамках сквозного проекта успешное выполнение практических заданий позволяет студенту обоснованно подходить к выбору материалов для проектируемого двигателя.

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

Критерии оценки лабораторных работ

Оценка «зачтено» выставляется студенту, который выполнил лабораторную работу в полном объеме, в установленные сроки. Студент продемонстрировал умение работать с оборудованием (твердомеры, металлографические микроскопы), определять твёрдость материалов, анализировать микроструктуру сталей и сплавов, идентифицировать структурные составляющие, работать с базами данных свойств материалов. При защите работы студент показывает понимание цели и методики проведения работы, уверенно отвечает на контрольные вопросы, правильно интерпретирует полученные результаты. Отчет оформлен в соответствии с требованиями. Успешное выполнение лабораторных работ позволяет студенту получить практический опыт, необходимый для обоснованного выбора материалов в рамках сквозного проекта.

Оценка «не зачтено» выставляется студенту, который не выполнил лабораторную работу, выполнил ее не в полном объеме, 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 отчет или он оформлен с грубыми нарушениями требований. Студент обязан выполнить лабораторную работу повторно в установленные преподавателем сроки.

Критерии оценки индивидуального задания в рамках сквозного проекта

Оценка «отлично» выставляется студенту, который полностью выполнил индивидуальное задание в соответствии с требованиями. Студент демонстрирует глубокое понимание условий работы детали, самостоятельно обосновывает выбор материала с учётом механических,

технологических и экономических требований, назначает обоснованные режимы термической или химико-термической обработки. В пояснительной записке полно и системно представлены все требуемые разделы: анализ условий работы детали, обоснование выбора материала, назначение термообработки, расчётные данные. При защите студент свободно владеет материалом, аргументированно отвечает на вопросы, демонстрирует понимание взаимосвязи между свойствами материала и работоспособностью детали. Сформированность индикаторов ИОПК-5.1 и ИОПК-5.2 оценивается на продвинутом уровне.

Оценка «хорошо» выставляется студенту, который выполнил индивидуальное задание в полном объеме, но допускает отдельные неточности или неполноту в отдельных разделах. Студент демонстрирует понимание условий работы детали, способен обосновывать выбор материала, но может испытывать затруднения при назначении режимов термообработки. Пояснительная записка оформлена в соответствии с требованиями. При защите студент в целом отвечает на вопросы, но может допускать неточности. Сформированность индикаторов оценивается на базовом уровне.

Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, который выполнил индивидуальное задание, но допустил существенные ошибки или не полностью раскрыл требуемые разделы. Студент демонстрирует фрагментарные знания свойств материалов, испытывает значительные затруднения при обосновании выбора материала. Пояснительная записка оформлена с нарушениями требований. При защите студент отвечает на вопросы неуверенно, требует наводящих вопросов. Сформированность индикаторов оценивается на пороговом уровне.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не выполнил индивидуальное задание, выполнил его не в полном объеме или допустил грубые ошибки. Студент не демонстрирует понимания условий работы детали, не способен обосновывать выбор материала. Пояснительная записка отсутствует или оформлена с грубыми нарушениями. При защите студент не отвечает на вопросы, не владеет профессиональной терминологией. Сформированность индикаторов не достигла порогового уровня. Студент обязан выполнить индивидуальное задание повторно в установленные преподавателем сроки.

Критерии оценки ответа на экзамене

Оценка «отлично» выставляется студенту, который глубоко и прочно усвоил программный материал по всем разделам, исчерпывающе и логически стройно излагает ответы на теоретические вопросы. Студент демонстрирует полное знание классификации материалов, их физико-механических свойств, основ металловедения, диаграммы состояния железо-углерод, свойств и областей применения конструкционных сталей, чугунов, цветных металлов и сплавов, жаропрочных сплавов, композиционных материалов, а также методов термической и химико-термической обработки. Уверенно и без ошибок выполняет практико-ориентированное задание (обоснование выбора материала для детали двигателя), аргументирует свой выбор, назначает обоснованные режимы термообработки. Дает полные ответы на дополнительные вопросы, свободно владеет профессиональной терминологией. Сформированность индикаторов ИОПК-5.1 и ИОПК-5.2 оценивается на продвинутом уровне, что подтверждает готовность студента к выполнению сквозного проекта.

Оценка «хорошо» выставляется студенту, который твердо знает материал, грамотно и по существу излагает ответы на теоретические вопросы, не допуская существенных неточностей. Студент владеет основными понятиями и классификациями, умеет расшифровывать марки сталей и сплавов. Выполняет практико-ориентированное задание в целом правильно, но может испытывать затруднения при обосновании выбора материала или назначении режимов термообработки. На дополнительные вопросы отвечает в целом правильно, но допускает несущественные ошибки. Сформированность индикаторов оценивается на базовом уровне.

Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, который имеет знания только основного материала, допускает неточности и ошибки в изложении теоретических вопросов. Студент обладает фрагментарными знаниями по отдельным разделам. Выполняет практико-ориентированное задание с помощью наводящих вопросов или допускает ошибки в выборе материала. Ответы на дополнительные вопросы даются с трудом, профессиональная

терминология используется недостаточно уверенно. Сформированность индикаторов оценивается на пороговом уровне.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает грубые ошибки в изложении теоретических вопросов. Студент не может выполнить практико-ориентированное задание или выполняет его с грубыми ошибками, не понимает взаимосвязи между свойствами материала и работоспособностью детали. Не способен ответить на дополнительные вопросы, не владеет профессиональной терминологией. Сформированность индикаторов не достигла порогового уровня, что делает невозможным выполнение раздела сквозного проекта по выбору материалов.

Соответствие методов контроля проверяемым индикаторам компетенций

В процессе изучения дисциплины оценивается сформированность знаний и навыков, необходимых для освоения индикаторов компетенции ОПК-5. Дисциплина является формирующей для указанной компетенции.

ИОПК-5.1. Умеет использовать свойства конструкционных и электротехнических материалов в расчетах параметров и режимов при разработке, проектировании и испытаниях энергетических установок. Формируется через изучение физико-механических свойств материалов, методов их определения, зависимости свойств от структуры и обработки. Проверяется методами: текущее тестирование, устный опрос, практические занятия, лабораторные работы, индивидуальное задание, экзамен.

ИОПК-5.2. Умеет рассчитывать элементы и параметры энергетических машин и установок с учётом свойств конструкционных материалов. Формируется через выполнение практических заданий по расчёту запаса прочности, выбору материалов с учётом условий работы, назначению термообработки. Проверяется методами: практические занятия, индивидуальное задание, экзамен.

Оценка сформированности знаний и навыков осуществляется комплексно с использованием всех методов контроля. Результаты текущего и итогового тестирования, устных опросов, выполнения практических и лабораторных работ, защиты индивидуального задания в рамках сквозного проекта, а также экзамена учитываются при формировании итоговой оценки по дисциплине и оценке выполнения сквозного проекта. Дисциплина «Конструкционные материалы поршневых двигателей и турбомашин» закладывает содержательную основу для последующего формирования компетенций на этапах 3D-моделирования и расчётного обоснования, обеспечивая студента знаниями о свойствах материалов, необходимыми для обоснованного выбора при конструировании и для выполнения прочностных и тепловых расчётов.

7.3 Оценочные средства

Текущий контроль

Модульная структура дисциплины

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

Модуль 1 (недели 1–8) — Основы металловедения. Конструкционные стали и чугуны

Включает темы: Тема 1. Введение. Классификация и общие требования к материалам; Тема 2. Физико-механические свойства материалов; Тема 3. Основы металловедения. Диаграмма состояния железо-углерод; Тема 4. Конструкционные стали для деталей двигателя; Тема 5. Чугуны в двигателестроении.

Модуль 2 (недели 9–16) — Цветные металлы, жаропрочные сплавы, композиционные материалы. Выбор материалов

Включает темы: Тема 6. Цветные металлы и сплавы в двигателестроении; Тема 7. Жаропрочные и жаростойкие сплавы для турбомашин; Тема 8. Композиционные и

неметаллические материалы; Тема 9. Материалы для узлов трения. Антифрикционные и фрикционные материалы; Тема 10. Выбор материалов для сквозного проекта. Источники данных о свойствах.

Рубежный контроль по модулям (устный опрос/собеседование)

Модуль 1. Основы металловедения. Конструкционные стали и чугуны

Перечень вопросов для собеседования:

1. Роль материалов в современном двигателестроении. Классификация конструкционных материалов. Общие требования к материалам для поршневых двигателей и турбомашин.
2. Физико-механические свойства материалов: прочность, пластичность, твердость, ударная вязкость, выносливость, износостойкость, жаропрочность, жаростойкость. Методы определения твердости (Бринелль, Роквелл, Виккерс).
3. Упругая и пластическая деформация. Влияние температуры на механические свойства материалов. Статические и динамические испытания. Усталостные испытания.
4. Кристаллическое строение металлов. Дефекты кристаллической решетки. Понятие о сплавах. Фазы и структуры в металлических сплавах: твердые растворы, химические соединения, механические смеси.
5. Диаграмма состояния железо-цементит (Fe-Fe3C). Фазы и структурные составляющие: феррит, аустенит, цементит, перлит, ледебурит. Критические точки.
6. Связь структуры со свойствами. Влияние углерода на структуру и свойства стали. Классификация сталей по структуре и содержанию углерода (доэвтектоидные, эвтектоидные, заэвтектоидные).
7. Классификация сталей по химическому составу (углеродистые, легированные), по качеству, по назначению. Маркировка сталей по российским и международным стандартам.
8. Влияние легирующих элементов (Cr, Ni, Mo, V, Mn, Si) на структуру и свойства сталей. Легированные стали для деталей двигателя.
9. Стали для деталей кривошипно-шатунного механизма (коленчатые валы, шатуны, поршневые пальцы): требования, применяемые материалы, термообработка.
10. Стали для клапанов, пружин, крепежа. Стали с особыми технологическими свойствами (автоматные, для холодной штамповки). Высокопрочные стали. Мартенситно-стареющие стали.
11. Классификация чугунов по структуре металлической основы и форме графита. Серые чугуны с пластинчатым графитом (СЧ): маркировка, свойства, применение.
12. Высокопрочные чугуны с шаровидным графитом (ВЧ): маркировка, свойства, применение (коленчатые валы, поршни). Ковкие чугуны (КЧ): получение, свойства, применение.
13. Легированные чугуны. Чугуны с вермикулярным графитом. Сравнение чугунов со сталями. Преимущества и недостатки.

Модуль 2. Цветные металлы, жаропрочные сплавы, композиционные материалы. Выбор материалов

Перечень вопросов для собеседования:

1. Алюминий и его сплавы. Классификация, маркировка, термическая обработка (дюралюмины). Применение алюминиевых сплавов для поршней, головок блоков, блоков цилиндров, корпусных деталей.
2. Сплавы на основе меди: латуни и бронзы. Маркировка, свойства, применение (втулки, подшипники, седла клапанов).
3. Подшипниковые сплавы: баббиты, алюминиевые подшипниковые сплавы, свинцовистые бронзы. Биметаллические и триметаллические вкладыши.

4. Титан и его сплавы: свойства, маркировка, применение (шатуны, клапаны, пружины). Магниевые сплавы: свойства, применение.

5. Условия работы материалов в турбокомпрессорах и газовых турбинах. Жаропрочность и жаростойкость. Механизмы упрочнения жаропрочных сплавов.

6. Никелевые жаропрочные сплавы: литейные и деформируемые (Inconel, Nimonic, отечественные аналоги). Состав, структура, свойства, применение (лопатки турбин, сопловые аппараты, корпуса).

7. Кобальтовые сплавы. Жаропрочные стали. Защитные покрытия. Керамические материалы в турбомашинах.

8. Понятие о композиционных материалах (КМ). Матрица и наполнитель. Классификация КМ. КМ с полимерной матрицей (углепластики, стеклопластики, органопластики). Применение в двигателестроении.

9. КМ с металлической матрицей. Дисперсно-упрочненные и волокнистые КМ. Углерод-углеродные композиты. Техническая керамика: свойства, применение.

10. Полимерные материалы: конструкционные пластмассы, эластомеры, герметики, клеи.

11. Условия работы узлов трения в двигателе. Трение и износ. Классификация видов износа (абразивный, адгезионный, усталостный, коррозионно-механический).

12. Требования к антифрикционным материалам (низкий коэффициент трения, высокая теплопроводность, прирабатываемость). Материалы для подшипников скольжения.

13. Требования к фрикционным материалам (высокий и стабильный коэффициент трения, износостойкость). Материалы для накладок сцепления и тормозных колодок.

14. Методология обоснованного выбора материала для конкретной детали с учётом условий работы (нагрузки, температуры, среда), технологических и экономических факторов.

15. Источники данных о свойствах материалов: ГОСТы и ТУ, справочная литература, базы данных машиностроительных материалов (MatWeb, Total Materia), данные производителей.

16. Представление свойств материалов в CAE-системах. Учёт материала при создании цифрового двойника.

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 метод определения твёрдости основан на вдавливании стального шарика?**

2. A) Метод Бринелля

3. B) Метод Роквелла

4. C) Метод Виккерса

5. D) Метод Шора

Правильный ответ: A

6. **Какая структурная составляющая стали представляет собой механическую смесь феррита и цементита?**

7. A) Аустенит

8. B) Мартенсит

9. C) Перлит

10. D) Ледебурит

Правильный ответ: C

11. **Какая марка стали относится к легированным конструкционным?**

12. A) Ст3

13. B) 20
14. C) 40Х
15. D) У8

Правильный ответ: C

16. **Какой чугун характеризуется наличием шаровидного графита?**
17. A) Серый чугун (СЧ)
18. B) Высокопрочный чугун (ВЧ)
19. C) Ковкий чугун (КЧ)
20. D) Белый чугун

Правильный ответ: B

21. **Какой материал относится к жаропрочным никелевым сплавам?**
22. A) Д16
23. B) БрАЖ9-4
24. C) Inconel 718
25. D) ВТ1-0

Правильный ответ: C

Оценочные средства для индивидуального задания в рамках сквозного проекта

Индивидуальное задание в рамках сквозного проекта является одним из ключевых методов контроля, позволяющим оценить способность студента применять полученные теоретические знания и практические навыки для решения комплексной профессиональной задачи. Задание выполняется студентом самостоятельно в течение семестра и представляет собой разработку раздела сквозного проекта, связанного с обоснованием выбора конструкционных материалов для основных деталей проектируемого поршневого двигателя.

Содержание индивидуального задания:

Индивидуальное задание включает в себя выполнение следующих этапов:

1. **Анализ условий работы детали.** Студент выбирает одну из основных деталей поршневого двигателя (поршень, шатун, коленчатый вал, клапан, гильза цилиндра, головка блока цилиндров, лопатка турбины и т.п.). Проводится анализ условий работы детали: характер нагружения (статическое, циклическое, ударное), температурный режим, агрессивность среды, требования к износостойкости, требования к массе.
2. **Формирование требований к материалу.** На основе анализа условий работы формулируются требования к материалу детали: механические (предел прочности, предел текучести, ударная вязкость, предел выносливости), физические (плотность, теплопроводность, температурный коэффициент линейного расширения), технологические (обрабатываемость, свариваемость, литейные свойства), экономические и экологические.
3. **Обоснование выбора материала.** С использованием справочной литературы, баз данных свойств материалов (ГОСТы, ТУ, MatWeb, Total Materia) студент обосновывает выбор конкретного материала для детали. Выбор должен учитывать требования к детали, а также опыт применения аналогичных материалов в двигателестроении.
4. **Назначение режимов термической или химико-термической обработки.** Для выбранного материала обосновывается необходимость термической или химико-термической обработки. Назначаются режимы обработки (температура нагрева, выдержки, охлаждения), указывается достигаемая структура и свойства.
5. **Обоснование методов упрочнения.** При необходимости обосновываются дополнительные методы упрочнения (поверхностная закалка ТВЧ, азотирование, цементация, накатка галтелей и т.п.).

Требования к оформлению:

Индивидуальное задание выполняется в форме пояснительной записки объемом 10-15 страниц, включающей:

- титульный лист с указанием темы задания, ФИО студента, группы, руководителя;
- содержание;

● введение с обоснованием актуальности выбора материала;

● основную часть, содержащую анализ условий работы детали, формирование требований к материалу, обоснование выбора материала, назначение режимов термообработки;

● заключение с выводами по результатам выполненной работы;

● список использованных источников (включая нормативную документацию, справочную литературу, базы данных).

Примерные темы индивидуальных заданий:

1. Обоснование выбора материала для поршня бензинового двигателя.
2. Обоснование выбора материала для поршня дизельного двигателя.
3. Обоснование выбора материала для шатуна двигателя внутреннего сгорания.
4. Обоснование выбора материала для коленчатого вала рядного двигателя.
5. Обоснование выбора материала для впускного клапана двигателя.
6. Обоснование выбора материала для выпускного клапана двигателя.
7. Обоснование выбора материала для гильзы цилиндра двигателя.
8. Обоснование выбора материала для головки блока цилиндров.
9. Обоснование выбора материала для лопатки турбины турбокомпрессора.
10. Обоснование выбора материала для вкладышей подшипников коленчатого вала.
11. Обоснование выбора материала для поршневых колец.
12. Обоснование выбора материала для корпуса турбокомпрессора.

Оценочные средства для практических занятий

Типовые задания для практических занятий

Модуль 1. Основы металловедения. Конструкционные стали и чугуны

Задание 1. Анализ условий работы деталей двигателя и формирование требований к материалам

По заданной детали поршневого двигателя (поршень, шатун, коленчатый вал, клапан, гильза цилиндра) провести анализ условий её работы: определить характер нагружения, температурный режим, агрессивность среды, требования к износостойкости. Сформулировать требования к материалу детали.

Задание 2. Расчёт запаса прочности детали по пределу текучести и временному сопротивлению

По заданным параметрам детали (нагрузка, площадь сечения) и механическим характеристикам материала (предел текучести, временное сопротивление) рассчитать запас прочности. Сделать вывод о достаточности выбранного материала.

Задание 3. Анализ фазовых превращений на диаграмме Fe-C. Решение задач с правилом отрезков

По заданному составу стали (содержание углерода) определить структурные составляющие при комнатной температуре, температуру начала и конца плавления, количество фаз и структурных составляющих с использованием правила отрезков.

Задание 4. Расшифровка марок конструкционных сталей (отечественных и зарубежных аналогов)

По заданным маркам сталей (например, 20, 45, 40Х, 18Х2Н4МА, 38Х2МЮА, AISI 1045, AISI 4140) расшифровать состав, определить область применения, подобрать аналоги.

Задание 5. Выбор материала для коленчатого вала с учётом нагрузок и технологии изготовления

По заданным условиям работы коленчатого вала (мощность двигателя, частота вращения, тип производства) обосновать выбор материала (сталь или высокопрочный чугун), способа изготовления (ковка или литьё), назначить режимы термообработки.

Задание 6. Сравнительный анализ свойств серого, высокопрочного и ковкого чугуна

По заданным маркам чугунов (СЧ20, ВЧ50, КЧ35) сравнить их механические свойства, технологические характеристики, области применения. Обосновать выбор чугуна для конкретной детали двигателя.

Модуль 2. Цветные металлы, жаропрочные сплавы, композиционные материалы. Выбор материалов

Задание 7. Расшифровка марок алюминиевых, медных и титановых сплавов. Области применения

По заданным маркам сплавов (АК4, АЛ25, Д16, Л63, БрАЖ9-4, ВТ1-0, ВТ6) расшифровать состав, определить область применения в двигателестроении, обосновать выбор для конкретной детали.

Задание 8. Изучение марок жаропрочных никелевых сплавов и их аналогов

По заданным маркам жаропрочных сплавов (Inconel 718, Nimonic 80A, ЭИ698, ЖС6У) изучить их состав, свойства, область применения. Подобрать отечественные аналоги для зарубежных марок.

Задание 9. Анализ свойств и областей применения композиционных материалов

По заданному типу композиционного материала (углепластик, стеклопластик, КМ с металлической матрицей) описать его состав, свойства, преимущества и недостатки, возможные области применения в двигателестроении.

Задание 10. Работа с базами данных свойств материалов. Поиск и анализ свойств заданной детали

С использованием базы данных MatWeb или Total Materia выполнить поиск материала для заданной детали двигателя. Найти информацию о механических, физических и технологических свойствах выбранного материала. Сравнить несколько вариантов и обосновать выбор.

Оценочные средства для лабораторных работ

Перечень лабораторных работ и контрольные вопросы для защиты

Лабораторная работа №1. Определение твёрдости материалов методами Бринелля и Роквелла

Краткое содержание: знакомство с твердомерами, определение твёрдости образцов из различных материалов (сталь, чугун, алюминиевый сплав) методами Бринелля и Роквелла. Сравнение полученных значений с табличными данными.

Контрольные вопросы для защиты:

- В чём заключается сущность метода Бринелля?
- В чём заключается сущность метода Роквелла?
- Каковы преимущества и недостатки каждого метода?
- Как перевести значение твёрдости из одной шкалы в другую?

Лабораторная работа №2. Микроструктурный анализ углеродистых сталей в равновесном состоянии

Краткое содержание: изучение микроструктуры углеродистых сталей с различным содержанием углерода (доэвтектоидная, эвтектоидная, заэвтектоидная). Идентификация структурных составляющих (феррит, перлит, цементит). Зарисовка микроструктур.

Контрольные вопросы для защиты:

- Каковы особенности микроструктуры доэвтектоидной стали?
- Каковы особенности микроструктуры эвтектоидной стали?
- Каковы особенности микроструктуры заэвтектоидной стали?
- Как влияет содержание углерода на свойства стали?

Лабораторная работа №3. Микроструктурный анализ белых и серых чугунов

Краткое содержание: изучение микроструктуры белого и серого чугунов. Идентификация структурных составляющих (цементит, перлит, графит). Сравнение структуры белого и серого чугуна.

Контрольные вопросы для защиты:

- Каковы особенности микроструктуры белого чугуна?
- Каковы особенности микроструктуры серого чугуна?
- Как форма графита влияет на свойства чугуна?
- Какие виды чугунов применяются в двигателестроении?

Лабораторная работа №4. Микроструктурный анализ легированных конструкционных сталей после термообработки

Краткое содержание: изучение микроструктуры легированных сталей после различных видов термообработки (отжиг, нормализация, закалка, отпуск). Идентификация структурных составляющих (мартенсит, троостит, сорбит).

Контрольные вопросы для защиты:

- Какие структурные составляющие образуются при закалке?
- Какие структурные составляющие образуются при отпуске?
- Как влияют легирующие элементы на прокаливаемость стали?
- Каковы особенности термообработки легированных сталей?

Лабораторная работа №5. Изучение структуры и свойств чугунов с различной формой графита

Краткое содержание: изучение микроструктуры чугунов с различной формой графита (пластинчатый, шаровидный, вермикулярный). Определение типа чугуна по микроструктуре.

Контрольные вопросы для защиты:

- Как отличить серый чугун от высокопрочного по микроструктуре?
- Каковы механические свойства чугунов с различной формой графита?
- Для каких деталей двигателя применяется серый чугун?
- Для каких деталей двигателя применяется высокопрочный чугун?

Лабораторная работа №6. Микроструктурный анализ алюминиевых и медных сплавов, применяемых в двигателях

Краткое содержание: изучение микроструктуры алюминиевых (дюралюмины, силумины) и медных (латуни, бронзы) сплавов. Идентификация структурных составляющих.

Контрольные вопросы для защиты:

- Каковы особенности микроструктуры алюминиевых сплавов?
- Каковы особенности микроструктуры медных сплавов?
- Для каких деталей двигателя применяются алюминиевые сплавы?
- Для каких деталей двигателя применяются медные сплавы?

Лабораторная работа №7. Изучение микроструктуры жаропрочных никелевых сплавов

Краткое содержание: изучение микроструктуры жаропрочных никелевых сплавов (литейных и деформируемых). Идентификация структурных составляющих (γ-фаза, γ'-фаза, карбиды).

Контрольные вопросы для защиты:

- Каковы особенности микроструктуры жаропрочных сплавов?
- Что такое γ'-фаза и как она влияет на жаропрочность?
- Какие сплавы применяются для лопаток турбин?
- Какие сплавы применяются для дисков турбин?

Лабораторная работа №8. Работа с базами данных свойств материалов. Поиск и анализ свойств заданной детали

Краткое содержание: работа с базами данных свойств материалов (MatWeb, Total Materia). Поиск информации о механических, физических и технологических свойствах заданного материала. Сравнение нескольких вариантов материалов.

Контрольные вопросы для защиты:

- Какие базы данных свойств материалов существуют?
- Как найти информацию о свойствах материала в базе данных?
- Какие параметры необходимо учитывать при выборе материала?
- Как сравнить несколько материалов для выбора оптимального?

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, Б1.2.8) и в выпускной квалификационной работе для обоснования выбора материалов.

7.3.2 Промежуточная аттестация (экзамен)

Условия допуска к экзамену

Студент допускается к сдаче экзамена при выполнении следующих условий:

- Успешное прохождение всех двух рубежных контролей (устных опросов по модулям) с оценкой не ниже «удовлетворительно».
- Выполнение и защита всех лабораторных работ, предусмотренных учебным планом (8 лабораторных работ).
- Выполнение и защита всех практических занятий (не менее 80% заданий выполнены и защищены).
- Выполнение и защита индивидуального задания в рамках сквозного проекта (обоснование выбора материала для детали двигателя) с оценкой не ниже «удовлетворительно».
- Отсутствие академической задолженности по дисциплине.

Структура экзаменационного билета

Экзаменационный билет состоит из двух теоретических вопросов (по одному из каждого модуля) и одного практико-ориентированного задания (обоснование выбора материала для конкретной детали двигателя).

Структура билета:

- **Вопрос 1** (Модуль 1): Основы металловедения. Конструкционные стали и чугуны.
- **Вопрос 2** (Модуль 2): Цветные металлы, жаропрочные сплавы, композиционные материалы. Выбор материалов.
- **Задание 3**: Практико-ориентированное задание (обоснование выбора материала для детали двигателя, назначение режимов термообработки).

Типовые экзаменационные билеты

Экзаменационный билет №1

Вопрос 1 (Модуль 1)

Диаграмма состояния железо-цементит (Fe-Fe3C). Фазы и структурные составляющие. Критические точки. Влияние углерода на структуру и свойства стали. Классификация сталей по содержанию углерода.

Вопрос 2 (Модуль 2)

Жаропрочные и жаростойкие сплавы для турбомашин. Условия работы материалов в турбокомпрессорах и газовых турбинах. Никелевые жаропрочные сплавы: состав, структура, свойства, применение. Защитные покрытия.

Задание 3

Обосновать выбор материала для выпускного клапана двигателя внутреннего сгорания. Условия работы: температура до 800°С, циклические нагрузки, агрессивная среда отработавших газов. Предложить материал, обосновать выбор, назначить режимы термической и химико-термической обработки.

Экзаменационный билет №2

Вопрос 1 (Модуль 1)

Конструкционные стали для деталей кривошипно-шатунного механизма. Требования к материалам коленчатых валов, шатунов, поршневых пальцев. Марки сталей, их свойства, термообработка. Способы упрочнения.

Вопрос 2 (Модуль 2)

Алюминий и его сплавы в двигателестроении. Классификация, маркировка, свойства, термическая обработка. Применение алюминиевых сплавов для поршней, головок блоков, блоков цилиндров.

Задание 3

Обосновать выбор материала для поршня дизельного двигателя. Условия работы: высокие температуры (до 400°С), высокое давление газов, знакопеременные нагрузки. Предложить материал, обосновать выбор, назначить режимы термической обработки. Указать конструктивные особенности поршня, связанные с выбором материала.

Экзаменационный билет №3

Вопрос 1 (Модуль 1)

Чугуны в двигателестроении. Классификация чугунов по структуре металлической основы и форме графита. Серые чугуны: маркировка, свойства, применение. Высокопрочные чугуны с шаровидным графитом: маркировка, свойства, применение.

Вопрос 2 (Модуль 2)

Материалы для узлов трения. Антифрикционные и фрикционные материалы. Требования к материалам для подшипников скольжения. Баббиты, алюминиевые подшипниковые сплавы, свинцовистые бронзы. Биметаллические и триметаллические вкладыши.

Задание 3

Обосновать выбор материала для вкладышей коренных и шатунных подшипников коленчатого вала. Условия работы: высокие удельные нагрузки, жидкостное трение, переменный характер нагружения. Предложить материал, обосновать выбор, описать конструкцию вкладыша и особенности его изготовления.

7.3.2.4 Полный перечень теоретических вопросов к экзамену по каждой теме

Модуль 1. Основы металловедения. Конструкционные стали и чугуны

1. Роль материалов в современном двигателестроении. Классификация конструкционных материалов. Общие требования к материалам для поршневых двигателей и турбомашин.
2. Физико-механические свойства материалов: прочность, пластичность, твердость, ударная вязкость, выносливость, износостойкость, жаропрочность, жаростойкость. Методы определения твердости.
3. Упругая и пластическая деформация. Влияние температуры на механические свойства материалов. Статические и динамические испытания. Усталостные испытания.
4. Кристаллическое строение металлов. Дефекты кристаллической решетки. Понятие о сплавах. Фазы и структуры в металлических сплавах.

5. Диаграмма состояния железо-цементит (Fe-Fe3C). Фазы и структурные составляющие. Критические точки.

6. Связь структуры со свойствами. Влияние углерода на структуру и свойства стали. Классификация сталей по структуре и содержанию углерода.

7. Классификация сталей по химическому составу (углеродистые, легированные), по качеству, по назначению. Маркировка сталей.

8. Влияние легирующих элементов (Cr, Ni, Mo, V, Mn, Si) на структуру и свойства сталей. Легированные стали для деталей двигателя.

9. Стали для деталей кривошипно-шатунного механизма: требования, применяемые материалы, термообработка.

10. Стали для клапанов, пружин, крепежа. Стали с особыми технологическими свойствами. Высокопрочные стали. Мартенситно-стареющие стали.

11. Классификация чугунов по структуре металлической основы и форме графита. Серые чугуны с пластинчатым графитом: маркировка, свойства, применение.

12. Высокопрочные чугуны с шаровидным графитом: маркировка, свойства, применение. Ковкие чугуны: получение, свойства, применение.

13. Легированные чугуны. Чугуны с вермикулярным графитом. Сравнение чугунов со сталями.

Модуль 2. Цветные металлы, жаропрочные сплавы, композиционные материалы. Выбор материалов

14. Алюминий и его сплавы. Классификация, маркировка, термическая обработка. Применение в двигателестроении.

15. Сплавы на основе меди: латуни и бронзы. Маркировка, свойства, применение в двигателестроении.

16. Подшипниковые сплавы: баббиты, алюминиевые подшипниковые сплавы, свинцовистые бронзы. Биметаллические и триметаллические вкладыши.

17. Титан и его сплавы: свойства, маркировка, применение. Магниевые сплавы: свойства, применение.

18. Условия работы материалов в турбокомпрессорах и газовых турбинах. Жаропрочность и жаростойкость. Механизмы упрочнения жаропрочных сплавов.

19. Никелевые жаропрочные сплавы: литейные и деформируемые. Состав, структура, свойства, применение.

20. Кобальтовые сплавы. Жаропрочные стали. Защитные покрытия. Керамические материалы в турбомашинах.

21. Понятие о композиционных материалах. Классификация КМ. КМ с полимерной матрицей. Применение в двигателестроении.

22. КМ с металлической матрицей. Дисперсно-упрочненные и волокнистые КМ. Углерод-углеродные композиты. Техническая керамика.

23. Полимерные материалы: конструкционные пластмассы, эластомеры, герметики, клеи.

24. Условия работы узлов трения в двигателе. Трение и износ. Классификация видов износа.

25. Требования к антифрикционным материалам. Материалы для подшипников скольжения.

26. Требования к фрикционным материалам. Материалы для накладок сцепления и тормозных колодок.

27. Методология обоснованного выбора материала для конкретной детали с учётом условий работы, технологических и экономических факторов.

28. Источники данных о свойствах материалов: ГОСТы и ТУ, справочная литература, базы данных машиностроительных материалов.

29. Представление свойств материалов в CAE-системах. Учёт материала при создании цифрового двойника.

Примеры выбора материалов для основных деталей проектируемого двигателя (поршень, шатун, коленвал, клапан, гильза цилиндра).