



Автономная некоммерческая организация высшего образования
«Волгоградский институт бизнеса»

Рабочая программа учебной дисциплины

Материаловедение и технология конструкционных материалов

(Наименование дисциплины)

15.03.06 Мехатроника и робототехника, направленность (профиль) «Мехатроника»

(Направление подготовки / Профиль)

Бакалавр

(Квалификация)

Кафедра разработчик

Естественных наук и профессиональных коммуникаций

Год набора

2027

Вид учебной деятельности	Трудоемкость (объем) дисциплины
	Очная форма
	д
Зачетные единицы	4
Общее количество часов	144
Аудиторные часы контактной работы обучающегося с преподавателями:	64
– Лекционные (Л)	32
– Практические (ПЗ)	32
– Лабораторные (ЛЗ)	
– Семинарские (СЗ)	
Самостоятельная работа обучающихся (СРО)	44
К (Р-Г) Р (П) (+;-)	
Тестирование (+;-)	
ДКР (+;-)	
Зачет (+;-)	
Зачет с оценкой (+;- (Кол-во часов))	
Экзамен (+;- (Кол-во часов))	+(36)

Волгоград 2026

Содержание

Раздел 1. Организационно-методический раздел	3
Раздел 2. Тематический план.....	5
Раздел 3. Содержание дисциплины.....	6
Раздел 4. Организация самостоятельной работы обучающихся	8
Раздел 5. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся.....	10
Раздел 6. Оценочные средства промежуточной аттестации (с ключами).....	14
Раздел 7. Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины	17
Раздел 8. Материально-техническая база и информационные технологии	18
Раздел 9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины	19

Раздел 1. Организационно-методический раздел

1.1. Цели освоения дисциплины

Дисциплина «Материаловедение и технология конструкционных материалов» входит в «Обязательная часть» подготовки обучающихся по направлению подготовки 15.03.06 Мехатроника и робототехника, направленность (профиль) «Мехатроника»

Целью дисциплины является формирование **компетенций** (в соответствии с ФГОС ВО и требованиями к результатам освоения основной профессиональной образовательной программы высшего образования (ОПОП ВО)):

ОПК-1. Способен применять естественнонаучные и общетехнические знания, методы математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности

Дескрипторы компетенции:

ОПК-1.1. Способен применить методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования для изучения предметной области.

ОПК-1.2. Способен определить необходимость и постановку задач экспериментального исследования, средства и методы обработки экспериментальных данных.

Перечисленные компетенции формируются в процессе достижения индикаторов компетенций:

Обобщенная трудовая функция/ трудовая функция	Код и наименование дескриптора компетенций	Код и наименование индикатора достижения компетенций (из ПС)
	ОПК-1.1. Способен применить методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования для изучения предметной области. ОПК-1.2. Способен определить необходимость и постановку задач экспериментального исследования, средства и методы обработки экспериментальных данных.	Знает ИД-1 ОПК-1.1 Методы математического анализа, моделирования, теоретического и экспериментального исследования (без привязки к профессиональному стандарту); ИД-2 ОПК-1.2 Подходы к определению необходимости и постановке задач экспериментального исследования, средства и методы обработки экспериментальных данных (без привязки к профессиональному стандарту). Умеет ИД-3 ОПК-1.1 Применять методы математического анализа, моделирования и экспериментального исследования для изучения предметной области (без привязки к профессиональному стандарту); ИД-4 ОПК-1.2 Определять необходимость и формулировать задачи экспериментального исследования, выбирать средства и методы обработки экспериментальных данных (без привязки к профессиональному стандарту). Имеет навыки ИД-5 ОПК-1.1 Владение навыками применения методов математического анализа, моделирования и экспериментального исследования (без

		привязки к профессиональному стандарту); ИД-6 ОПК-1.2 Владение навыками постановки экспериментальных задач, обработки экспериментальных данных (без привязки к профессиональному стандарту).
--	--	---

**1.2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО
направления подготовки 15.03.06 Мехатроника и робототехника, направленность (профиль)
«Мехатроника»**

№	Предшествующие дисциплины (дисциплины, изучаемые параллельно)	Последующие дисциплины
1	2	3
1.	Метрология, стандартизация и сертификация	Основы мехатроники и робототехники

1.3. Нормативная документация

Рабочая программа учебной дисциплины составлена на основе:

- Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки **15.03.06 Мехатроника и робототехника, направленность (профиль) «Мехатроника»**;
- Учебного плана направления подготовки **15.03.06 Мехатроника и робототехника, направленность (профиль) «Мехатроника»** 2027 года набора;
- Образца рабочей программы учебной дисциплины (приказ № 113-О от 01.09.2021 г.).

Раздел 2. Тематический план
Очная форма обучения (полный срок)

№	Тема дисциплины	Трудоемкость				
		Все го	Аудиторные занятия		СРО	Код индикатора и дескриптора достижения компетенций
			Л	ПЗ (ЛЗ, СЗ)		
1	2	3	4	5	6	7
1	Тема 1. Строение металлов и сплавов: кристаллизация, дефекты решетки и пластическая деформация.	14	4	4	6	ИД-1 ОПК-1.1 ИД-2 ОПК-1.2 ИД-3 ОПК-1.1 ИД-4 ОПК-1.2 ИД-5 ОПК-1.1 ИД-6 ОПК-1.2
2	Тема 2. Диаграммы состояния двойных систем (железо-углерод): фазы, структуры сталей и чугунов для корпусов роботов.	14	4	4	6	ИД-1 ОПК-1.1 ИД-2 ОПК-1.2 ИД-3 ОПК-1.1 ИД-4 ОПК-1.2 ИД-5 ОПК-1.1 ИД-6 ОПК-1.2
3	Тема 3. Конструкционные стали: классификация, маркировка, термическая обработка и применение в нагруженных звеньях манипуляторов.	14	4	4	6	ИД-1 ОПК-1.1 ИД-2 ОПК-1.2 ИД-3 ОПК-1.1 ИД-4 ОПК-1.2 ИД-5 ОПК-1.1 ИД-6 ОПК-1.2
4	Тема 4. Цветные металлы и сплавы: алюминиевые, титановые и магниевые сплавы для снижения веса мобильной робототехники.	14	4	4	6	ИД-1 ОПК-1.1 ИД-2 ОПК-1.2 ИД-3 ОПК-1.1 ИД-4 ОПК-1.2 ИД-5 ОПК-1.1 ИД-6 ОПК-1.2
5	Тема 5. Неметаллические материалы: конструкционные полимеры, композиты и резины для гибких элементов захватов и изоляции.	14	4	4	6	ИД-1 ОПК-1.1 ИД-2 ОПК-1.2 ИД-3 ОПК-1.1 ИД-4 ОПК-1.2 ИД-5 ОПК-1.1 ИД-6 ОПК-1.2
6	Тема 6. Порошковая металлургия и аддитивные технологии (3D-металлопечать) в прототипировании деталей мехатроники.	14	4	4	6	ИД-1 ОПК-1.1 ИД-2 ОПК-1.2 ИД-3 ОПК-1.1 ИД-4 ОПК-1.2 ИД-5 ОПК-1.1 ИД-6 ОПК-1.2
7	Тема 7. Свариваемость материалов и технология соединений: TIG/MIG сварка корпусов, пайка электроники и склеивание пластиков.	12	4	4	4	ИД-1 ОПК-1.1 ИД-2 ОПК-1.2 ИД-3 ОПК-1.1 ИД-4 ОПК-1.2 ИД-5 ОПК-1.1 ИД-6 ОПК-1.2
8	Тема 8. Триботехника и защитные покрытия: износостойкость направляющих ШВП, твердосмазочные покрытия для вакуума и защита от коррозии.	12	4	4	4	ИД-1 ОПК-1.1 ИД-2 ОПК-1.2 ИД-3 ОПК-1.1 ИД-4 ОПК-1.2 ИД-5 ОПК-1.1 ИД-6 ОПК-1.2
Вид промежуточной аттестации(Экзамен)		36				
Итого		144	32	32	44	

Раздел 3. Содержание дисциплины

3.1. Содержание дисциплины

Тема 1. Строение металлов и сплавов: кристаллизация, дефекты решетки и пластическая деформация Типы кристаллических решеток (ОЦК, ГЦК, ГПУ), имеющих ключевое значение для магнитных свойств материалов корпусов датчиков. Понятие о вакансиях, дислокациях и их влиянии на прочность. Механизмы упрочнения наклепом при механической обработке валов актуаторов.

Тема 2. Диаграммы состояния двойных систем (железо-углерод): фазы, структуры сталей и чугунов для корпусов роботов Анализ диаграммы Fe-Fe₃C. Характеристика фаз (феррит, аустенит, цементит) и структурных составляющих (перлит, ледебурит). Различия между доэвтектоидными, эвтектоидными и заэвтектоидными сталями для изготовления износостойких шестерней редукторов. Классификация серых, ковких и высокопрочных чугунов для литых оснований стационарных манипуляторов.

Тема 3. Конструкционные стали: классификация, маркировка, термическая обработка и применение в нагруженных звеньях манипуляторов Углеродистые качественные стали (сталь 45, сталь 40Х) для валов и осей. Легированные улучшаемые стали для зубчатых колес высокой твердости. Режимы закалки, отпуска и нормализации. Химико-термическая обработка: цементация и азотирование поверхностей трения шарниров для повышения контактной выносливости.

Тема 4. Цветные металлы и сплавы: алюминиевые, титановые и магниевые сплавы для снижения веса мобильной робототехники Деформируемые алюминиевые сплавы системы Al-Mg (АМг) и Al-Cu (Д16) для рам квадрокоптеров и шасси. Литейные силумины для корпусов электродвигателей. Титановые сплавы (ВТ6) для деталей, работающих в агрессивных средах или требующих экстремальной прочности при малом весе. Особенности сварки алюминия и магния.

Тема 5. Неметаллические материалы: конструкционные полимеры, композиты и резины для гибких элементов захватов и изоляции Термопластичные инженерные пластики: полиамиды (капролон) для втулок скольжения, фторопласты для уплотнений и АБС-пластик для корпусов пультов управления. Стекло- и углепластики (карбон) для создания жестких и легких лучей дронов. Свойства силиконовых и полиуретановых эластомеров для мягких пальцев биоморфных захватов.

Тема 6. Порошковая металлургия и аддитивные технологии (3D-металлопечать) в прототипировании деталей мехатроники Методы селективного лазерного плавления (SLM) и электронно-лучевой плавки (EBM). Преимущества топологической оптимизации кронштейнов сложной формы, невыполнимой традиционными субтрактивными методами. Постобработка напечатанных металлических деталей (снятие остаточных напряжений, удаление поддержек).

Тема 7. Свариваемость материалов и технология соединений: TIG/MIG сварка корпусов, пайка электроники и склеивание пластиков Физико-химические процессы образования сварного шва. Влияние примесей на пористость швов алюминиевых корпусов. Технология микропайки волной припоя печатных плат контроллеров. Применение анаэробных фиксаторов резьбы и цианоакрилатных клеев в сборке мелких узлов робота.

Тема 8. Триботехника и защитные покрытия: износостойкость направляющих ШВП, твердосмазочные покрытия для вакуума и защита от коррозии Виды изнашивания (абразивное, усталостное, адгезионное). Материалы пар трения «винт-гайка» прецизионных приводов. Применение покрытий DLC (алмазоподобные) и молибденовых смазок для работы механизмов в условиях отсутствия гравитации или глубокого вакуума. Методы цинкования, анодирования алюминия и порошковой покраски внешних панелей сервисных роботов.

3.2. Содержание практического блока дисциплины

Очная форма обучения (полный срок)

№	Тема практического (семинарского, лабораторного) занятия
1	2
ПЗ 1	Тема 1. Строение металлов и сплавов: кристаллизация, дефекты решетки и пластическая деформация.
ПЗ 2	Тема 2. Диаграммы состояния двойных систем (железо-углерод): фазы, структуры сталей и чугунов для корпусов роботов.
ПЗ 3, 4	Тема 3. Конструкционные стали: классификация, маркировка, термическая обработка и применение в нагруженных звеньях манипуляторов.
ПЗ 5	Тема 4. Цветные металлы и сплавы: алюминиевые, титановые и магниевые сплавы для снижения веса мобильной робототехники.
ПЗ 6, 7	Тема 5. Неметаллические материалы: конструкционные полимеры, композиты и резины для гибких элементов захватов и изоляции.
ПЗ 8	Тема 6. Порошковая металлургия и аддитивные технологии (3D-металлопечать) в прототипировании деталей мехатроники.

3.3. Образовательные технологии

Очная форма обучения (полный срок)

№	Тема занятия	Вид учебного занятия	Форма / Методы интерактивного обучения	% учебного времени
1	2	3	4	5
1	Тема 1. Строение металлов и сплавов: кристаллизация, дефекты решетки и пластическая деформация.	ПЗ	Метод кейсов	75
2	Тема 2. Диаграммы состояния двойных систем (железо-углерод): фазы, структуры сталей и чугунов для корпусов роботов.	Л	Лекция-ситуация	25
3	Тема 3. Конструкционные стали: классификация, маркировка, термическая обработка и применение в нагруженных звеньях манипуляторов.	ПЗ	Метод кейсов	75
4	Тема 4. Цветные металлы и сплавы: алюминиевые, титановые и магниевые сплавы для снижения веса мобильной робототехники.	ПЗ	Мозговой штурм	25
5	Тема 5. Неметаллические материалы: конструкционные полимеры, композиты и резины для гибких элементов захватов и изоляции.	Л	Мозговой штурм	50
6	Тема 6. Порошковая металлургия и аддитивные технологии (3D-металлопечать) в прототипировании деталей мехатроники.	ПЗ	Метод кейсов	75
7	Тема 7. Свариваемость материалов и технология соединений: TIG/MIG сварка корпусов, пайка электроники и склеивание пластиков.	ПЗ	Метод кейсов	75
8	Тема 8. Триботехника и защитные покрытия: износостойкость направляющих ШВП, твердосмазочные покрытия для вакуума и защита от коррозии.	ПЗ	Деловая игра	75
Итого				29,68%

Раздел 4. Организация самостоятельной работы обучающихся

4.1. Организация самостоятельной работы обучающихся

№	Тема дисциплины	№ вопросов	№ рекомендуемой литературы
1	2	3	4
1	Тема 1. Строение металлов и сплавов: кристаллизация, дефекты решетки и пластическая деформация.	1, 2	1, 3, 5
2	Тема 2. Диаграммы состояния двойных систем (железо-углерод): фазы, структуры сталей и чугунов для корпусов роботов.	3, 4, 5, 6	1, 3, 5
3	Тема 3. Конструкционные стали: классификация, маркировка, термическая обработка и применение в нагруженных звеньях манипуляторов.	7, 8, 9	3, 4, 5
4	Тема 4. Цветные металлы и сплавы: алюминиевые, титановые и магниевые сплавы для снижения веса мобильной робототехники.	10, 11, 12, 13	2, 3, 4, 5
5	Тема 5. Неметаллические материалы: конструкционные полимеры, композиты и резины для гибких элементов захватов и изоляции.	14, 15, 16	3, 4, 5
6	Тема 6. Порошковая металлургия и аддитивные технологии (3D-металлопечать) в прототипировании деталей мехатроники.	17, 18	2, 3, 5
7	Тема 7. Свариваемость материалов и технология соединений: TIG/MIG сварка корпусов, пайка электроники и склеивание пластиков.	19-25	1, 3, 5
8	Тема 8. Триботехника и защитные покрытия: износостойкость направляющих ШВП, твердосмазочные покрытия для вакуума и защита от коррозии.	26, 27, 28	2, 3, 5, 6

Перечень вопросов, выносимых на самостоятельную работу обучающихся

1. Влияние дислокационной структуры на предел текучести алюминиевых сплавов рам беспилотных летательных аппаратов при криогенных температурах.
2. Сравнительный анализ износостойкости капролона (полиамид-6) и сверхвысокомолекулярного полиэтилена (СВМПЭ) в парах трения пальцев коллаборативных роботов без смазки.
3. Применение технологии селективного лазерного плавления (SLM) для создания топологически оптимизированных кронштейнов сервоприводов из жаропрочного сплава Inconel 718.
4. Особенности микроструктуры и механические свойства наплавленных валов редукторов, полученных методом TIG-сварки проволокой Св-08Г2С после последующей термообработки.
5. Эволюция структурно-фазового состояния инструментальной стали X12МФ при многократной локальной лазерной закалке кромок захватных органов промышленных манипуляторов.
6. Коррозионная стойкость магниевых сплавов системы Mg-Al-Zn в условиях воздействия соляного тумана и методы их защиты полимерными покрытиями для морских робототехнических комплексов.
7. Поведение титанового сплава ВТ6 при циклическом нагружении: механизмы накопления усталостных повреждений в шарнирных соединениях антропоморфных рук.
8. Разработка состава токопроводящего силикона для гибких сенсоров давления в мягких исполнительных элементах медицинских экзоскелетов.

9. Анализ причин образования горячих трещин при литье под давлением корпусов контроллеров из силумина АК12М2 и способы их нейтрализации путем модифицирования расплава натрием.

10. Трибологические характеристики алмазоподобных покрытий (*DLC*), нанесенных методом плазмохимического осаждения, на направляющие прецизионных координатных столов станков с ЧПУ.

11. Влияние режимов аддитивного выращивания (*EBM*) на анизотропию механических свойств титановых лопаток турбин автономных энергоустановок дронов длительного мониторинга.

12. Использование эффекта памяти формы никелида титана (*Nitinol*) в проектировании миниатюрных актуаторов-захватов для внутрисосудистой хирургической микроробототехники.

13. Старение органопластиков (арамидных волокон типа Кевлар/Тварон) во влажной среде и его влияние на несущую способность силовых элементов шасси мобильных платформ.

14. Магнитные свойства аморфных и нанокристаллических сплавов (типа 5БДСР) для сердечников высокочастотных трансформаторов компактных импульсных источников питания мехатронных модулей.

15. Технология диффузионной сварки в вакууме разнородных материалов: соединение керамических изоляторов датчиков с металлическими корпусами гироскопических платформ.

4.2. Перечень учебно-методического обеспечения самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа обучающихся обеспечивается следующими учебно-методическими материалами:

1. Указаниями в рабочей программе по дисциплине (п.4.1.)
2. Лекционные материалы в составе УМК по дисциплине
3. Заданиями и методическими рекомендациями по организации самостоятельной работы обучающихся в составе УМК по дисциплине.
4. Глоссарием по дисциплине в составе УМК по дисциплине.

Раздел 5. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся

Фонд оценочных средств по дисциплине представляет собой совокупность контролирующих материалов, предназначенных для измерения уровня достижения обучающимися установленных результатов образовательной программы. ФОС по дисциплине используется при проведении оперативного контроля и промежуточной аттестации обучающихся. Требования к структуре и содержанию ФОС дисциплины регламентируются Положением о фонде оценочных материалов по программам высшего образования – программам бакалавриата, магистратуры.

5.1. Паспорт фонда оценочных средств Очная форма обучения (полный срок)

№	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Оценочные средства			
		Л	ПЗ (ЛЗ, СЗ)	СРО	Код индикатора и дескриптора достижения компетенций
1	2	3	4	5	6
1	Тема 1. Строение металлов и сплавов: кристаллизация, дефекты решетки и пластическая деформация.	УО		ПРВ	ИД-1 ОПК-1.1 ИД-2 ОПК-1.2 ИД-3 ОПК-1.1 ИД-4 ОПК-1.2 ИД-5 ОПК-1.1 ИД-6 ОПК-1.2
2	Тема 2. Диаграммы состояния двойных систем (железо-углерод): фазы, структуры сталей и чугунов для корпусов роботов.	УО	КМ	ПРВ	ИД-1 ОПК-1.1 ИД-2 ОПК-1.2 ИД-3 ОПК-1.1 ИД-4 ОПК-1.2 ИД-5 ОПК-1.1 ИД-6 ОПК-1.2
3	Тема 3. Конструкционные стали: классификация, маркировка, термическая обработка и применение в нагруженных звеньях манипуляторов.	ЛС	МШ	ПРВ	ИД-1 ОПК-1.1 ИД-2 ОПК-1.2 ИД-3 ОПК-1.1 ИД-4 ОПК-1.2 ИД-5 ОПК-1.1 ИД-6 ОПК-1.2
4	Тема 4. Цветные металлы и сплавы: алюминиевые, титановые и магниевые сплавы для снижения веса мобильной робототехники.	УО	КМ	ПРВ	ИД-1 ОПК-1.1 ИД-2 ОПК-1.2 ИД-3 ОПК-1.1 ИД-4 ОПК-1.2 ИД-5 ОПК-1.1 ИД-6 ОПК-1.2
5	Тема 5. Неметаллические материалы: конструкционные полимеры, композиты и резины для гибких элементов захватов и изоляции.	УО	МШ	ПРВ	ИД-1 ОПК-1.1 ИД-2 ОПК-1.2 ИД-3 ОПК-1.1 ИД-4 ОПК-1.2 ИД-5 ОПК-1.1 ИД-6 ОПК-1.2
6	Тема 6. Порошковая металлургия и аддитивные технологии (3D-металлопечать) в прототипировании деталей мехатроники.	УО		ПРВ	ИД-1 ОПК-1.1 ИД-2 ОПК-1.2 ИД-3 ОПК-1.1 ИД-4 ОПК-1.2 ИД-5 ОПК-1.1 ИД-6 ОПК-1.2
7	Тема 7. Свариваемость материалов и технология соединений: TIG/MIG сварка корпусов, пайка электроники и склеивание пластиков.	УО	КМ	ПРВ	ИД-1 ОПК-1.1 ИД-2 ОПК-1.2 ИД-3 ОПК-1.1 ИД-4 ОПК-1.2 ИД-5 ОПК-1.1 ИД-6 ОПК-1.2
8	Тема 8. Триботехника и защитные покрытия:	УО	ДИ	ПРВ	ИД-1 ОПК-1.1 ИД-2 ОПК-1.2

износостойкость направляющих ШВП, твердосмазочные покрытия для вакуума и защита от коррозии.				ИД-3 ОПК-1.1 ИД-4 ОПК-1.2 ИД-5 ОПК-1.1 ИД-6 ОПК-1.2
--	--	--	--	--

Условные обозначения оценочных средств (Столбцы 3, 4, 5):

УО – устный (фронтальный, индивидуальный, комбинированный) опрос;

ПРВ – проверка рефератов, отчетов, рецензий, аннотаций, конспектов, графического материала, эссе, переводов, решений заданий, выполненных заданий в электронном виде и т.д.;

МШ – Метод мозгового штурма;

КМ – Кейс-метод;

ДИ – Деловая игра;

ЛС – Лекция-ситуация.

5.2. Оценочные средства текущего контроля

Перечень практических (семинарских) заданий Задачи

1. **Работа с диаграммой состояния «железо-цементит».** По заданной концентрации углерода (например, 0,8% С) и температуре (750°C) построить кривую охлаждения сплава, определить структуру при комнатной температуре и рассчитать количественное соотношение фаз по правилу отрезков.

2. **Расшифровка маркировки конструкционных материалов.** Даны пять образцов: сталь 40ХН2МА, чугун ВЧ50, сплав Д16Т, полимер АБС-пластик и керамика Al₂O₃. Расшифровать каждую марку, указать стандарт (ГОСТ), тип упрочнения или обработки и предложить область применения в работе для каждой детали.

3. **Выбор материала для вала актуатора.** Для полого вала сервопривода диаметром 12 мм, передающего крутящий момент 5 Н·м, выбрать материал из предложенного списка (Сталь 45, Сталь 40Х, Д16Т, Титановый сплав ВТ1-0). Обосновать выбор расчетом удельной прочности (σ_b/ρ).

4. **Анализ микроструктуры под микроскопом.** Изучить предоставленные микрошлифы трех сталей (доэвтектоидной, эвтектоидной и заэвтектоидной). Зарисовать структуры, обозначить фазы (феррит, перлит, цементит) и определить примерное содержание углерода в каждом образце.

5. **Проектирование режима термической обработки шестерни.** Для зубчатого колеса из стали 18ХГТ разработать полный маршрут химико-термической обработки (цементация + закалка + низкий отпуск). Указать температуры нагрева, среды охлаждения и ожидаемую твердость поверхности и сердцевины зуба.

6. **Определение режимов резания и обрабатываемости.** Сравнить три образца (бронза БрОЦС, алюминиевый сплав Д16, закаленная сталь У10А) по силе резания при токарной обработке. Определить, какой материал дает самую короткую стружку, а какой склонен к налипанию на резец.

7. **Подбор электродов для сварки корпуса.** Необходимо сварить корпус мобильного робота из листового алюминиево-магниевого сплава АМг5 толщиной 3 мм. Выбрать подходящий тип присадочной проволоки и защитного газа (аргон/гелий), обосновав выбор предотвращением образования пор и горячих трещин.

8. **Испытание на твердость.** Провести измерение твердости четырех неизвестных образцов методом Роквелла (шкалы HRC и HRB) и Бринелля (HB). Построить сравнительную диаграмму и определить, какие образцы являются незакаленной сталью, закаленной сталью, медью и серым чугуном.

9. **Композиционные материалы в робототехнике.** Рассчитать объемную долю волокон (V_f/V_f) в углепластиковом луче дрона, если плотность ламината $\rho=1550$ кг/м³, плотность волокна $\rho_f=1800$ кг/м³, а матрицы $\rho_m=1200$ кг/м³. Оценить жесткость композита по правилу смеси.

10. **Технология аддитивного производства.** Подготовить цифровую модель кронштейна сложной формы к печати на фотополимерном (SLA) принтере. Разместить деталь в камере под углом 45 градусов, добавить необходимые поддерживающие структуры и оценить объем расходуемой смолы.

11. **Оценка коррозионной стойкости покрытий.** На стальной пластине нанесены три покрытия: цинкование, анодирование алюминия и порошковая краска. После помещения в камеру соляного тумана на 24 часа зафиксировать время появления первых очагов коррозии («белая ржавчина», вздутие краски) для каждого образца.

12. **Порошковая металлургия втулок скольжения.** Описать технологический процесс изготовления самосмазывающейся втулки из смеси железного порошка и графита (содержание графита 2%). Указать давление прессования, температуру спекания и причины усадки детали.

13. **Анализ причин разрушения (фрактография).** Исследовать фотографии излома вала редуктора, разрушившегося в эксплуатации. Определить зону усталостного зарождения трещины, зону ускоренного роста и зону долома. Установить вероятную причину поломки (перегрузка, дефект металла или концентрация напряжений).

14. **Контроль качества литья рентгеном.** Проанализировать рентгеновский снимок литого корпуса гидронасоса. Выявить скрытые дефекты (усадочные раковины, газовые пузыри, неслитины) и дать заключение о годности детали согласно ГОСТ 19200-80.

15. **Влияние термообработки на магнитные свойства.** Для сердечника трансформатора из электротехнической стали Э330 провести отжиг для снятия механических напряжений. Объяснить, как этот процесс влияет на коэрцитивную силу и потери на гистерезис, используя петлю магнитного гистерезиса.

5.3. Тематика письменных работ обучающихся

Рефераты по выбранным темам выполняются в письменной форме обучающимися всех форм обучения. Учебно-методические материалы, необходимые для выполнения работ, а также примерная тематика рефератов содержатся в УМК по дисциплине.

1. Эволюция материалов для аэрокосмической и робототехнической отраслей: от алюминиевых сплавов Д16 к интерметаллидам на основе алюминия (Al_3Ti , $Al_{12}Re$) и высокотемпературной керамике.

2. Влияние масштабного фактора и субструктуры на усталостную долговечность микро- и нанoeлектромеханических систем (МЭМС/НЭМС): роль поверхностной энергии в деградации кремниевых упругих элементов.

3. Технологии получения градиентных функциональных материалов: методы послойного синтеза с переменным химическим составом для создания деталей сервоприводов с твердой поверхностью и вязкой сердцевиной.

4. Сверхпластичность конструкционных сплавов титана и алюминия: механизмы деформации, температурно-скоростные режимы и применение для глубокой вытяжки тонкостенных корпусов сервисных роботов сложной формы.

5. Магнитомягкие аморфные и нанокристаллические сплавы (типа Finemet, Metglas): технология быстрой закалки расплава, формирование структуры «нанокристалл в аморфной матрице» и их применение в датчиках Холла и силовых трансформаторах мехатроники.

6. Аддитивное производство металлических заготовок методом селективного лазерного плавления (SLM): влияние стратегии штриховки лазера на текстуру зерен, остаточные напряжения и анизотропию прочности кронштейнов БПЛА.

7. Высокотемпературные композиционные материалы с керамической матрицей (CMC) на основе карбида кремния (SiC/SiC): перспективы использования для защиты сопловых блоков двигателей внутреннего сгорания антропоморфных платформ тяжелого класса.

8. Биоматериалы в мягкой робототехнике: гидрогели с программируемой скоростью набухания, биосовместимые полимеры (PLA, PCL) и эластомеры для создания искусственных мышц и экзоскелетов медицинского назначения.

9. Фреттинг-коррозия в неподвижных соединениях робототехники: анализ механизмов разрушения посадочных мест подшипников при микросмещениях под нагрузкой и методы защиты путем ионно-плазменного азотирования.

10. Технология производства монокристаллического кремния методом Чохральского для сенсоров инерциальной навигации: управление дефектами дислокационного типа и влияние примесей кислорода на светочувствительность ПЗС-матриц камер машинного зрения.
11. Электроискровая обработка (EDM) труднообрабатываемых материалов: физика процесса, полярность импульсов и получение зеркальных поверхностей глухих отверстий малого диаметра в твердосплавных фильерах для волочения проволоки приводов.
12. Старение полимерных изоляций кабельных сетей мобильных роботов под воздействием циклического нагрева и ионизирующего излучения: деполимеризация ПВХ и фторопласта, прогнозирование ресурса электропроводки марсоходов.
13. Применение эффекта памяти формы (ЭПФ) и сверхэластичности в исполнительных механизмах: сравнительный анализ никелида титана ($NiTi$) и ферромагнитных сплавов Fe-Pd для создания автономных микроботов-трубочистов.
14. Диффузионная сварка в вакууме разнородных материалов (керамика — металл, стекло — кремний): моделирование полей напряжений в переходной зоне паяных узлов рентгеновских трубок инспекционных сканеров.
15. Наноккомпозиты на основе эпоксидных смол и углеродных нанотрубок (УНТ): проблемы равномерного диспергирования наночастиц, обеспечение электрического контакта между ними и создание антистатических покрытий для электронных шкафов управления АСУ ТП.

5.4. Перечень вопросов промежуточной аттестации по дисциплине

Список вопросов для зачета

1. Атомно-кристаллическое строение металлов. Типы кристаллических решеток (ОЦК, ГЦК, ГПУ) и их влияние на физические свойства материалов роботов.
2. Дефекты кристаллического строения: вакансии, дислокации, границы зерен. Роль дислокаций в механизмах пластической деформации и упрочнения сплавов.
3. Строение стального слитка и зоны ликвации. Влияние скорости охлаждения на структуру отливок корпусов редукторов.
4. Пластическая деформация скольжением и двойникованием. Явление наклепа: изменение механических свойств металла при холодной обработке давлением.
5. Рекристаллизация холоднодеформированных металлов: первичная, собирательная и вторичная. Назначение рекристаллизационного отжига проволоки для датчиков.
6. Диаграмма состояния «железо-цементит»: фазы (феррит, аустенит, цементит, ледебурит) и структурные составляющие (перлит, сорбит, троостит).
7. Классификация сталей по качеству и назначению. Углеродистые стали обыкновенного качества (Ст) и качественные (сталь 20, сталь 45): маркировка и применение.
8. Легированные конструкционные стали: влияние хрома, никеля, молибдена и марганца на прокаливаемость валов сервоприводов. Маркировка сталей по ГОСТ.
9. Теория термической обработки стали: изотермические диаграммы распада переохлажденного аустенита (ТТТ-диаграммы). Перлитное, мартенситное и бейнитное превращения.
10. Технология закалки и отпуска стали. Определение режимов нагрева под закалку для доэвтектоидных и заэвтектоидных сталей шестерней.
11. Химико-термическая обработка: цементация, азотирование и цианирование. Формирование твердого износостойкого слоя на поверхностях трения шарниров манипуляторов.
12. Чугуны: белый, серый, высокопрочный и ковкий. Структура графитовых включений и зависимость механических свойств литых деталей от формы графита.
13. Алюминиевые сплавы: деформируемые (дуралюмины Д16, авиали АВ) и литейные (силумины АК12). Термическое упрочнение старением дуралюмина.
14. Титановые сплавы: классификация (α (α), β (β), $(\alpha + \beta)$ ($\alpha + \beta$)), механические свойства и свариваемость. Применение титана ВТ6 в ответственных узлах мобильной робототехники.
15. Медь и ее сплавы: латуни (Л63) и бронзы (БрОФ, БрАЖ). Антифрикционные свойства оловянных бронз для изготовления втулок скольжения актуаторов.
16. Полимеры: термопластичные (полиамиды, фторопласты) и термореактивные смолы. Механизм деформационного поведения аморфных и кристаллизующихся пластиков захватов.

17. Композиционные материалы с металлической матрицей: алюминий-кремниевые (Al-Si) композиты для поршней и легких кронштейнов БПЛА.
18. Композиционные материалы с полимерной матрицей: стеклопластики и углепластики. Методы получения однонаправленных и тканевых препрегов для лучей дронов.
19. Порошковая металлургия: получение изделий из металлических порошков. Особенности структуры и пористости спеченных деталей фрикционных муфт.
20. Литейное производство: сущность процесса, литейные свойства сплавов (жидкотекучесть, усадка). Литье в песчаные формы и по выплавляемым моделям корпусов контроллеров.
21. Обработка металлов давлением: прокатка, прессование, волочение и свободная ковка. Изменение волокнистой структуры поковок коленчатых валов.
22. Свариваемость металлов и сплавов. Физические основы образования сварного соединения. Термический цикл сварки и образование зоны термического влияния (ЗТВ).
23. Технология электродуговой сварки покрытыми электродами (ММА) и в среде защитных газов (MIG/MAG, TIG). Выбор режимов для сварки тонкостенных алюминиевых рам.
24. Основы резания материалов: геометрия токарного резца, элементы режима резания (скорость, подача, глубина). Наростообразование при точении вязких сплавов меди.
25. Триботехника: виды изнашивания (абразивное, адгезионное, усталостное). Смазочные материалы и твердые смазочные покрытия (MoS_2 , DLC) для работы механизмов в вакууме или экстремальных температурах.

Раздел 6. Оценочные средства промежуточной аттестации (с ключами)

1. Закрытого типа с одним верным вариантом ответа (5 вопросов)

Прочитайте текст и выберите один правильный ответ. Как называется дефект кристаллической решетки, представляющий собой отсутствие атома в узле решетки? а) Дислокация; б) Вакансия; в) Межузельный атом; г) Граница зерна. **Правильный ответ: б)**

Прочитайте текст и выберите один правильный ответ. Какая фаза железоуглеродистых сплавов является самой твердой и хрупкой метастабильной фазой? а) Феррит; б) Аустенит; в) Цементит; г) Перлит. **Правильный ответ: в)**

Прочитайте текст и выберите один правильный ответ. Какой вид термической обработки применяется для снижения внутренних напряжений после сварки корпуса робота без изменения структуры металла? а) Закалка; б) Отпуск; в) Нормализация; г) Отжиг. **Правильный ответ: г)**

Прочитайте текст и выберите один правильный ответ. Какой алюминиевый сплав относится к группе литейных и содержит кремний в качестве основного легирующего элемента? а) Д16 (Дюралюминий); б) АМг6; в) АК12 (Силумин); г) В95. **Правильный ответ: в)**

Прочитайте текст и выберите один правильный ответ. Какое свойство материала характеризует его способность поглощать энергию до момента разрушения при ударном изгибе? а) Твердость; б) Предел выносливости; в) Ударная вязкость; г) Модуль упругости. **Правильный ответ: в)**

2. Закрытого типа с двумя верными вариантами ответа (5 вопросов)

Прочитайте текст и выберите два правильных ответа. Какие из перечисленных дефектов относятся к линейным несовершенствам кристалла? а) Поры; б) Краевые дислокации; в) Микротрещины; г) Винтообразные дислокации. **Правильный ответ: б), г)**

Прочитайте текст и выберите два правильных ответа. Выберите две основные фазы диаграммы «железо-цементит», имеющие гранецентрированную кубическую (ГЦК) решетку: а) Феррит; б) Аустенит; в) Цементит; г) Графит. **Правильный ответ: а), б)**

Прочитайте текст и выберите два правильных ответа. Какие методы относятся к видам химико-термической обработки сталей? а) Закалка токами высокой частоты; б) Цементация; в) Азотирование; г) Высокий отпуск. **Правильный ответ: б), в)**

Прочитайте текст и выберите два правильных ответа. Укажите два основных способа защиты металлов от коррозии, основанные на изменении свойств поверхности: а) Электрохимическая защита жертвенным анодом; б) Анодирование алюминия; в) Увеличение площади сечения детали; г) Нагрев конструкции. **Правильный ответ: а), б)**

Прочитайте текст и выберите два правильных ответа. Какие материалы используются в качестве матрицы в полимерных композиционных материалах (ПКМ)? а) Эпоксидные смолы; б) Углеродные волокна; в) Полиамид (капролон); г) Стекланные нити. **Правильный ответ: а), в)**

3. На установление последовательности (5 вопросов)

Укажите правильную последовательность структур превращения аустенита при непрерывном охлаждении стали 45 со скоростью выше критической:

1. Мартенсит;
2. Аустенит;
3. Троостит;
4. Перлит. **Правильный ответ: 2-4-3-1**

Укажите правильную последовательность операций технологического процесса получения детали методом литья по выплавляемым моделям:

1. Формовка опоки и прокатка формы;
2. Изготовление восковой модели;
3. Сборка модельного блока («елочки»);
4. Заливка расплавленного металла. **Правильный ответ: 2-3-1-4**

Укажите правильную последовательность стадий диффузионной сварки разнородных материалов в вакууме:

1. Выдержка под давлением при температуре сварки;
2. Механическая обработка и зачистка стыкуемых поверхностей;
3. Нагрев зоны контакта до температуры рекристаллизации;
4. Приложение сжимающего усилия. **Правильный ответ: 2-3-4-1**

Укажите правильную последовательность слоев сварного соединения, считая от лицевой поверхности шва:

1. Основной металл;
2. Зона термического влияния (ЗТВ);
3. Наплавленный металл;
4. Линия сплавления. **Правильный ответ: 3-4-2-1**

Укажите правильную последовательность этапов термической обработки шестерни из стали 40Х для получения твердой поверхности:

1. Окончательная механическая обработка;
2. Цементация (насыщение углеродом);
3. Шлифование зубьев;
4. Закалка и низкий отпуск. **Правильный ответ: 1-2-4-3**

4. На установление соответствия (5 вопросов)

Установите соответствие между маркой конструкционного материала и его основным назначением в робототехнике:

А) Сталь ШХ15	1) Легкий корпус БПЛА или мобильного робота
Б) Сплав Д16Т	2) Подшипники качения высокоточных осей сервоприводов
В) Капролон (ПА-6)	3) Втулки скольжения и бесшумные передачи привода
Г) Бронза БрОФ	4) Ответственные нагруженные валы манипуляторов

****Правильный ответ: А – 2, Б – 1, В – 3, Г – 4****

Установите соответствие между видом покрытия и способом его нанесения:

А) Цинкование	1) Погружение в ванну с расплавленным металлом
Б) Горячее алитирование	2) Электроосаждение из водного раствора солей
В) Оксидирование (анодирование)	3) Химическое взаимодействие с окислителем при нагреве
Г) Фосфатирование	4) Создание пористой пленки электролизом для адгезии краски

Правильный ответ: А – 2, Б – 1, В – 3, Г – 4

Установите соответствие между типом стружки при резании и обрабатываемым материалом:

А) Сливная стружка	1) Твердая закаленная сталь или чугун
Б) Стружка надлома	2) Пластичные низкоуглеродистые стали и медь

В) Элементная стружка	3) Латунь и некоторые бронзы средней твердости
Г) Спиральная суставчатая	4) Вязкие пластичные сплавы алюминия

Правильный ответ: А – 2, Б – 1, В – 3, Г – 4

Установите соответствие между режимом термообработки и изменением микроструктуры эвтектоидной стали:

А) Закалка (охлаждение в воде)	1) Перлит грубый или зернистый
Б) Отпуск высокий (600°C)	2) Сорбит отпуска (феррит + мелкие частицы цементита)
В) Медленное охлаждение с печью	3) Мартенсит игольчатый
Г) Изотермическая выдержка при 650°C	4) Троостит отпуска

Правильный ответ: А – 3, Б – 2, В – 1, Г – 4

Установите соответствие между технологией соединения и ее физическим принципом:

А) Дуговая сварка *ММА*	1) Локальное плавление теплом трения или трением с перемешиванием
Б) Пайка мягкими припоями	2) Расплавление электрода и основного металла электрической дугой
В) Сварка трением (FSW)	3) Диффузия молекул клея на молекулярном уровне
Г) Склеивание пластиков	4) Капиллярное затекание жидкого припоя в зазор ниже $T_{пл}$ основы

Правильный ответ: А – 2, Б – 4, В – 1, Г – 3

5. Открытого типа с одним-двумя словами (2 вопроса)

Прочитайте текст и запишите правильный ответ. Ответ следует записать с маленькой буквы. Процесс растворения первичного цементита в аустените при нагреве заэвтектоидной стали называется **сфероидизация** (или полная закалка/нормализация). **Правильный ответ:** сфероидизация

Прочитайте текст и запишите правильный ответ. Ответ следует записать с маленькой буквы. Способность материала противостоять внедрению в него другого, более твердого тела — это **твердость**. **Правильный ответ:** твердость

6. Открытого типа с определением понятия (расширенный ответ) (3 вопроса)

Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ. Ответ следует записать с маленькой буквы: дайте определение понятию предел текучести — это ... **Правильный ответ:** напряжение, при котором в материале начинаются значительные пластические деформации; часто определяется как напряжение, соответствующее остаточной деформации 0,2%.

Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ. Ответ следует записать с маленькой буквы: дайте определение понятию жаропрочность — это ... **Правильный ответ:** способность материала сохранять при высоких температурах достаточную механическую прочность (сопротивляться ползучести и разрушению) в течение заданного времени.

Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ. Ответ следует записать с маленькой буквы: дайте определение понятию композитный материал — это ... **Правильный ответ:** неоднородный сплошной материал, состоящий из двух или более компонентов (матрицы и армирующего наполнителя) с четкой границей раздела между ними, чьи свойства превосходят свойства исходных составляющих.

Раздел 7. Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

7.1. Основная литература

1. Солнцев, Ю. П. Технология конструкционных материалов : учебник для вузов / Ю. П. Солнцев, Б. С. Ермаков, В. Ю. Пирайнен. — 6-е изд. — Санкт-Петербург : ХИМИЗДАТ, 2024. — 504 с. — ISBN 978-5-93808-417-9.

2. Воробьев, А. А. Материаловедение. Технология конструкционных материалов : учебник / А. А. Воробьев, А. М. Будюкин, В. Г. Кондратенко [и др.]. — 2-е изд. — Москва : Ай Пи Ар Медиа, 2024. — 541 с. — ISBN 978-5-4497-3547-0.

7.2. Дополнительная литература

3. Валинский, О. С. Материаловедение и технологии конструкционных материалов / О. С. Валинский, А. А. Воробьев, С. В. Урушев [и др.]. — Москва : УМЦ ЖДТ, 2024. — 432 с. — ISBN 978-5-907695-68-9.

4. Арабов, М. Ш. Материаловедение и технология конструкционных материалов. Лабораторный практикум : учебное пособие для вузов / М. Ш. Арабов, З. М. Арабова. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2024. — 160 с. — ISBN 978-5-507-47636-7.

5. Плошкин, В. В. Материаловедение : учебник для среднего профессионального образования / В. В. Плошкин. — Москва : Юрайт, 2024. — 434 с. — ISBN 978-5-534-18655-0..

7.3. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

1. Электронно-библиотечная система -Цифровой образовательный ресурс IPR SMART – электронная библиотека по всем отраслям знаний [Электронный ресурс]. – URL:
2. <http://www.iprbookshop.ru>
3. Справочник математических формул <http://www.pm298.ru/>
4. Каталог ГОСТов - <https://snip.ruscable.ru/>
5. <http://www.consultant.ru/>— Консультант Плюс
6. <http://www.garant.ru/>— Гарант
7. Программное обеспечение для организации конференции.

Раздел 8. Материально-техническая база и информационные технологии

8.1. Учебные аудитории для проведения лекционных и практических занятий (для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся всех направлений подготовки).

Учебная аудитория оборудована:

- Стол для преподавателя
- Стул для преподавателя
- Столы для обучающихся
- Стулья для обучающихся
- Пробковая доска
- Моноблок для преподавателя с выходом в интернет
- ЖК панель
- Компьютеры для обучающихся с выходом в интернет
- виртуальный лабораторный стенд «Материаловедение» на 20 рабочих мест;
- комплект образцов материалов, используемых в конструировании робототехнических систем
- Набор учебно-методических материалов к разделу «Материаловедение» (плакаты, презентации).

8.2. Помещение для самостоятельной работы обучающихся (помещение общего пользования с подключением к системам телекоммуникации и с обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду (доступ в сеть Интернет, Wi-Fi, глобальные поисковые системы, электронная почта и т.д.)

Специализированная мебель и технические средства обучения:

- Стол для преподавателя
- Стул для преподавателя
- Столы для обучающихся
- Стулья для обучающихся
- Компьютеры для преподавателя с выходом в интернет
- Компьютеры для обучающихся выходом в интернет
- ПО: MS Office, Яндекс браузер
- Цифровой образовательный ресурс IPR SMART
- доступ в ЭИОС.

Раздел 9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Освоение дисциплины **«Материаловедение и технология конструкционных материалов»** можно построить в соответствии со списком вопросов для подготовки к экзамену. Для эффективного изучения курса рекомендуется следующий порядок:

Сначала изучаются теоретические вопросы по соответствующей теме с проработкой как конспектов лекций, так и учебников. **Лекции** дают систематизированные основы научных знаний по соответствующей теме, концентрируют внимание на наиболее сложных узловых вопросах. Особое внимание следует обратить на **понимание смысла** основных понятий, определений. Затем нужно самостоятельно **подробно разобрать типовые примеры**, выясняя в деталях **практическое значение выученного теоретического материала**.

Добросовестное изучение всего материала, заключённого в лекциях, практических занятиях и домашних заданиях, гарантирует каждому обучающемуся успешные результаты на экзаменах. Для подготовки к экзамену необходимо, прежде всего, по лекциям и учебникам повторить и систематизировать весь теоретический материал, изученный в семестре.

При ответе на теоретические вопросы на экзамене следует привести необходимые определения, формулировку и примеры. Решение задач (если они есть в билете) следует излагать подробно и аккуратно, объясняя и мотивируя все действия по ходу решения.

Во время экзамена требуется иметь калькулятор для выполнения расчетных заданий.

Не забудьте обратить внимание на применение рассматриваемых вопросов и задач в будущей профессиональной деятельности. Понимание необходимости и возможности такого применения оценивается на экзамене очень высоко.

Учебно-методическое издание

Рабочая программа учебной дисциплины

**Материаловедение и технология конструкционных
материалов**

*(Наименование дисциплины в соответствии с учебным
планом)*

Гвоздкова Ирина Николаевна

(Фамилия, Имя, Отчество составителя)