



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
УНИВЕРСИТЕТ (РОСБИОТЕХ)

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«РОССИЙСКИЙ БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ (РОСБИОТЕХ)»

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО ОБЩЕПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ 06

«Материаловедение»

Уровень образования:	Среднее профессиональное образование
Специальность	15.02.10 Мехатроника и робототехника (по отраслям)
Квалификация	специалист по мехатронике и робототехнике
Форма обучения	Очная
Срок освоения образовательной программы в соответствии с ФГОС (очная форма)	2 г. 10 м. <i>(на базе среднего общего образования)</i>
Год начала подготовки	2026 г.
Период освоения дисциплины	6 семестр
Форма контроля	Зачёт с оценкой

г. Москва 2025 г.

1. Область применения.

Фонд оценочных средств (ФОС) является неотъемлемой частью программы дисциплины при реализации программы подготовки специалистов среднего звена (ППСЗ) среднего профессионального образования (СПО) по специальности:

15.02.10 МЕХАТРОНИКА И РОБОТОТЕХНИКА (ПО ОТРАСЛЯМ)

Оценочные фонды разрабатываются для проведения оценки степени соответствия фактических результатов обучения при изучении дисциплины запланированным результатам обучения, соотнесенных с установленными в программе индикаторами достижения компетенций, а также сформированности компетенций, установленных программой подготовки специалистов среднего звена.

Таблица 1

Паспорт фонда оценочных средств

Компетенции	Знать:	Уметь:	Владеть навыками (иметь практический опыт):
ОК 02. Использовать современные средства поиска, анализа и интерпретации информации и информационные технологии для выполнения задач профессиональной деятельности	-закономерности процессов кристаллизации и структурообразования металлов и сплавов, основы их термообработки, способы защиты металлов от коррозии; –классификацию и способы получения композиционных материалов;	-распознавать и классифицировать конструкционные и сырьевые материалы по внешнему виду, происхождению, свойствам; – определять виды конструкционных материалов; – выбирать материалы для конструкций по их назначению и условиям эксплуатации; – проводить исследования и испытания материалов; – рассчитывать и назначать оптимальные режимы резания; – расшифровывать марки сталей и сплавов; – выбирать методы получения заготовок.	- Практического опыта подбора материалов для узлов мехатронных систем с использованием стандартов (ГОСТ, ТУ) и методов неразрушающего контроля. - Навыков работы со справочными данными для определения свойств материалов и диагностики их повреждений в приводах. - Практического опыта выбора материалов для корпусов, токопроводящих элементов и печатных плат электронных модулей.
ПК 1.4. Проводить настройку комплексов следящих приводов в составе мехатронных устройств и систем	–принципы выбора конструкционных материалов для применения в производстве; – строение и свойства металлов, методы их исследования; –классификацию материалов, металлов и сплавов, их области применения;		- Навыков оценки влияния материалов на работу систем, составления спецификаций и взаимодействия с поставщиками.
ПК 1.5. Выполнять установку программного обеспечения электронных и компьютерных модулей и узлов мехатронных устройств и систем	– методику расчёта и назначения режимов резания для различных видов работ; – правила расшифровки марок сталей; – методы получения заготовок;		
ПК 1.6. Проводить конфигурирование и настройку программного	– правила выбора методов получения		

обеспечения мехатронных устройств и систем	заготовок		
--	-----------	--	--

Цели и задачи фонда оценочных средств.

Целью ФОС является установление соответствия уровня подготовки обучающихся требованиям федерального государственного образовательного стандарта ФГОС СПО по ОПОП.

ФОС предназначен для решения задач контроля достижения целей реализации ОПОП СПО и обеспечения соответствия результатов обучения области, сфере, объектам профессиональной деятельности, области знаний и типам задач профессиональной деятельности.

СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр(<Курс>.<Семестр на курсе>)	6(3.2)		Итого	
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Лекции	34	34	34	34
Практические	36	36	36	36
Итого ауд.	70	70	70	70
Контактная работа	70	70	70	70
Сам. работа	108	108	108	108
Итого	180	180	180	180

Задания для промежуточной аттестации с ключами ответов

№ вопроса	Формулировка тестовых заданий	Варианты ответов	Правильный ответ
1.	Что изучает материаловедение как наука?	а) Только металлы б) Строение, свойства и применение материалов в) Только способы обработки материалов г) Только физические свойства веществ	б) Строение, свойства и применение материалов
2.	Что такое кристаллическая решётка?	а) Хаотичное расположение атомов б) Упорядоченное расположение атомов в твёрдом теле в) Расположение молекул в жидкости г) Структура газа	б) Упорядоченное расположение атомов в твёрдом теле
3.	Какой процесс называется кристаллизацией?	а) Плавление металла б) Переход из твёрдого состояния в жидкое в) Переход из жидкого состояния в	в) Переход из жидкого состояния в твёрдое с образованием

		твёрдое с образованием кристаллов г) Разрушение кристаллической решётки	кристаллов
4.	Что такое фаза в сплаве?	а) Только жидкое состояние б) Однородная часть сплава, отличающаяся составом и свойствами в) Только твёрдое состояние г) Дефект структуры	б) Однородная часть сплава, отличающаяся составом и свойствами
5.	Какой элемент является основным в железоуглеродистых сплавах?	а) Медь б) Углерод в) Хром г) Никель	б) Углерод
6.	Что такое сталь?	а) Сплав железа с углеродом, содержащий более 2,14% углерода б) Сплав железа с углеродом, содержащий до 2,14% углерода в) Чистое железо г) Сплав меди с цинком	б) Сплав железа с углеродом, содержащий до 2,14% углерода
7.	Какой чугун обладает высокой пластичностью?	а) Белый б) Серый в) Ковкий г) Высокопрочный	в) Ковкий
8.	Что такое отжиг?	а) Нагрев с последующим медленным охлаждением б) Нагрев с быстрым охлаждением в) Нагрев с выдержкой при высокой температуре г) Охлаждение в воде	а) Нагрев с последующим медленным охлаждением
9.	Какой вид термической обработки применяется для повышения твёрдости стали?	а) Отжиг б) Нормализация в) Закалка г) Отпуск	в) Закалка
10.	Что такое цементация?	а) Насыщение поверхности стали углеродом б) Насыщение поверхности стали азотом в) Закалка в воде г) Отжиг	а) Насыщение поверхности стали углеродом
11.	Какой цветной металл является основой латуни??	а) Алюминий б) Медь в) Цинк г) Титан	б) Медь
12.	Что такое композиционный материал?	а) Материал из одного компонента б) Материал, состоящий из матрицы и упрочняющих элементов в) Только металлический сплав г) Только полимер	б) Материал, состоящий из матрицы и упрочняющих элементов
13.	Какой метод исследования позволяет изучить макроструктуру металла?	а) Микроскопический анализ б) Макроскопический анализ в) Рентгеноструктурный анализ	б) Макроскопический анализ

		г) Спектральный анализ	
14.	Что такое твёрдость по Бринеллю?	а) Метод определения твёрдости вдавливанием шарика б) Метод определения твёрдости царапанием в) Метод определения ударной вязкости г) Метод определения прочности на растяжение	а) Метод определения твёрдости вдавливанием шарика
15.	Что такое износ детали?	а) Увеличение массы детали б) Уменьшение размеров детали в результате трения в) Коррозия поверхности г) Деформация под нагрузкой	б) Уменьшение размеров детали в результате трения
16.	Соотнесите вид материала и его пример:	1. Чёрный металл 2. Цветной металл 3. Неметаллический материал 4. Композиционный материал а) Сталь б) Алюминий в) Пластмасса г) Стеклопластик	1–а, 2–б, 3–в, 4–г
17.	Соотнесите вид термической обработки и её цель:	1. Отжиг 2. Закалка 3. Отпуск 4. Нормализация а) Повышение твёрдости б) Снятие внутренних напряжений в) Улучшение структуры г) Снижение хрупкости после закалки	1–б, 2–а, 3–г, 4–в
18.	Соотнесите дефект кристаллической решётки и его описание:	1. Точечный дефект 2. Линейный дефект 3. Поверхностный дефект а) Дислокация б) Вакансия в) Граница зёрен	1–б, 2–а, 3–в
19.	Соотнесите материал и его применение в мехатронике:	1. Текстолит 2. Латунь 3. Нихром 4. Фторопласт 5. а) Нагревательные элементы б) Электроизоляционные детали в) Втулки, подшипники г) Антифрикционные детали	1–б, 2–в, 3–а, 4–г
20.	Соотнесите метод получения заготовки и его сущность:	1. Литьё 2. Ковка	1–а, 2–б, 3–в, 4–г

		3. Сварка 4. Порошковая металлургия а) Формование из расплава б) Деформирование нагретой заготовки в) Соединение материалов г) Формование из порошка	
21.	Опишите процесс кристаллизации металла.		Кристаллизация — процесс перехода металла из жидкого состояния в твёрдое с образованием кристаллической решётки.
22.	Объясните, чем отличаются сталь и чугун по составу и свойствам.		Сталь содержит до 2,14% углерода, обладает высокой прочностью и пластичностью. Чугун содержит более 2,14% углерода, хрупкий, но обладает хорошими литейными свойствами.
23.	Что такое диаграмма состояния «железо–цементит» и для чего она используется?		Диаграмма состояния «железо–цементит» показывает фазовый состав и превращения в железоуглеродистых сплавах в зависимости от температуры и содержания углерода. Используется для выбора режимов термической обработки.
24	Перечислите виды коррозии и методы защиты от неё.		Виды коррозии: химическая, электрохимическая, межкристаллитная. Методы защиты: легирование, покрытия, катодная защита.
25.	Объясните, почему в мехатронных системах применяются композиционные материалы. Приведите примеры.		Композиционные материалы применяются для снижения веса, повышения прочности,

			износостойкости. Примеры: карбоновые волокна в манипуляторах, стеклопластик в корпусах.
--	--	--	--

Примерные контрольные вопросы для зачёта с оценкой

1. Дайте определение материаловедения как науки и назовите его основные задачи в технике.
2. Опишите атомно-кристаллическое строение металлов. Какие типы кристаллических решёток вы знаете?
3. Что такое дефекты кристаллической решётки? Приведите примеры.
4. Объясните процесс кристаллизации металлов. В чём разница между гомогенной и гетерогенной кристаллизацией?
5. Что такое полиморфные превращения? Приведите пример.
6. Дайте определение металлического сплава. Какие фазы могут присутствовать в сплавах?
7. Что показывает диаграмма состояния двухкомпонентных сплавов? Каково её практическое значение?
8. Опишите диаграмму состояния «железо–цементит». Какие фазы и структурные составляющие в ней присутствуют?
9. Как классифицируются железоуглеродистые сплавы по диаграмме «железо–цементит»?
10. Какие основные механические свойства металлов и сплавов вы знаете? Дайте их определения.
11. Перечислите виды чугунов, их свойства и области применения.
12. Как маркируются чугуны? Расшифруйте марку СЧ20.
13. Дайте классификацию сталей по химическому составу, назначению и структуре.
14. Объясните принцип маркировки сталей. Расшифруйте марки: Ст3, 40Х, У8, 12Х18Н10Т.
15. Что такое термическая обработка? Перечислите её основные виды.
16. Опишите процессы отжига и нормализации. Каковы их цели?
17. Что такое закалка стали? Какие превращения происходят при закалке?
18. Для чего применяется отпуск стали? Какие виды отпуска вы знаете?
19. Что такое старение сплавов? Чем оно отличается от отпуска?
20. Что такое химико-термическая обработка? Назовите её основные виды.
21. Опишите процесс цементации стали. Каковы его цель и область применения?
22. Что такое азотирование? Чем оно отличается от цементации?
23. Что такое термомеханическая обработка? Какие преимущества она даёт?
24. Какие методы используются для исследования макро- и микроструктуры материалов?
25. Опишите методы определения твёрдости металлов (Бринелля, Роквелла).
26. Как проводится испытание металлов на растяжение? Какие характеристики определяются?
27. Что такое фрактографический анализ? Для чего он применяется?
28. Перечислите основные цветные металлы и их сплавы, применяемые в машиностроении.
29. Опишите свойства и области применения алюминия и его сплавов.
30. Чем отличаются латунь и бронза? Приведите примеры их применения.
31. Какие неметаллические материалы применяются в машиностроении? Приведите примеры.

32. Что такое твёрдые сплавы? Как они классифицируются и где применяются?
33. Опишите состав и свойства минералокерамических материалов.
34. Что такое композиционные материалы? Приведите примеры их использования в мехатронике.
35. Какие виды механической обработки резанием вы знаете? Кратко охарактеризуйте их.
36. Какие факторы влияют на выбор режимов резания?
37. Что такое износ инструмента? Какие виды износа существуют?
38. Объясните принцип выбора материала для вала робота-манипулятора.
39. Какие материалы применяются для изготовления элементов следящих приводов и почему?
40. Как защитить металлические детали мехатронных систем от коррозии в агрессивных средах?
41. Почему в робототехнике часто применяют композиты на основе полимеров? Приведите примеры.
42. Как влияет термическая обработка на точность и надёжность работы мехатронных модулей?
43. Какие материалы используются для электроизоляции и теплоотвода в электронных модулях роботов?

Критерии и шкалы оценивания.

Текущий контроль по дисциплине

Оценивание обучающегося на занятиях осуществляется в соответствии с локальным актом университета (положением), регламентирующим проведение текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся и организации учебного процесса с применением балльно-рейтинговой системы оценки качества обучения.

Промежуточная аттестация по дисциплине

Форма промежуточной аттестации – Зачёт и Экзамен.

Оценка «*отлично*» выставляется обучающемуся, если дан полный, развернутый ответ на поставленный вопрос, системно показана совокупность освоенных знаний об объекте, проявляющаяся в свободном оперировании понятиями, умении выделить существенные и несущественные его признаки, причинно-следственные связи. Ответ формулируется при помощи научного категориально-понятийного аппарата, изложен последовательно, логично, доказательно, демонстрирует авторскую позицию студента.

Оценка «*хорошо*» выставляется обучающемуся, если дан полный, развернутый ответ на поставленный вопрос, показана совокупность осознанных знаний об объекте, доказательно раскрыты основные положения темы; в ответе прослеживается четкая структура, логическая последовательность, отражающая сущность раскрываемых понятий, теорий, явлений. Ответ изложен последовательно, логично и доказательно, однако допущены недочеты в определении понятий, исправленные студентом самостоятельно в процессе ответа.

Оценка «*удовлетворительно*» выставляется обучающемуся, если дан полный, но недостаточно последовательный ответ на поставленный вопрос, но при этом показано умение выделить существенные и несущественные признаки и причинно-следственные связи. Ответ логичен и изложен научным языком. Могут быть допущены две-три ошибки в определении основных понятий, которые студент затрудняется исправить самостоятельно.

Оценка «*неудовлетворительно*» выставляется обучающемуся, если дан неполный ответ, представляющий собой разрозненные знания по теме вопроса с существенными ошибками в определениях. Присутствуют фрагментарность, нелогичность изложения. Студент не осознает связи между понятиями, концептуальные пересечения, структурные закономерности между различными объектами дисциплины. Отсутствуют выводы, конкретизация и доказательность изложения. Речь неграмотная. Дополнительные и

уточняющие вопросы преподавателя не приводят к коррекции ответа студента не только на поставленный вопрос, но и на другие вопросы дисциплины.

Результат обучения по дисциплине считается достигнутым при получении обучающимся оценки «зачтено», «удовлетворительно», «хорошо», «отлично» по каждому из контрольных мероприятий, относящихся к данному результату обучения.

Критерии оценки образовательных результатов обучающихся на зачете по дисциплине

Качество освоения ОПОП рейтинговые баллы	Оценка зачета, зачета с оценкой (нормативная) в 5-балльной шкале	Уровень достижений в компетенций	Критерии оценки образовательных результатов
--	--	----------------------------------	---

85-100	Зачтено, отлично	5,Высокий (продвинутый)	<p>ЗАЧТЕНО, ОТЛИЧНО заслуживает обучающийся, обнаруживший всестороннее, систематическое и глубокое знание учебно-программного материала на занятиях и самостоятельной работе. При этом, рейтинговая оценка (средний балл) его текущей аттестации по дисциплине входит в диапазон 85-100.</p> <p>При этом, на занятиях, обучающийся исчерпывающе, последовательно, чётко и логически стройно излагал учебно-программный материал, умел тесно увязывать теорию с практикой, свободно справлялся с задачами, вопросами и другими видами применения знаний, предусмотренные программой. Причем обучающийся не затруднялся с ответом при видоизменении предложенных ему заданий, правильно обосновывал принятое решение, демонстрировал высокий уровень усвоения основной литературы и хорошо знакомство с дополнительной литературой, рекомендованной программой дисциплины.</p> <p>Как правило, оценку «отлично» выставляют обучающемуся, усвоившему взаимосвязь основных понятий дисциплины в их значение для приобретаемой профессии, проявившему творческие способности в понимании, изложении и использовании учебно-программного материала.</p> <p>Рейтинговые баллы назначаются обучающемуся с учётом баллов текущей (на занятиях) и (или) рубежной аттестации (контроле).</p>
--------	---------------------	----------------------------	---

70-84	Зачтено, хорошо	4, Хороший (базовый)	<p>ЗАЧТЕНО, ХОРОШО заслуживает обучающийся, обнаруживший осознанное (твердое) знание учебно-программного материала на занятиях и самостоятельной работе. При этом, рейтинговая оценка (средний балл) его текущей аттестации по дисциплине входит в диапазон 70-84.</p> <p>На занятиях обучающийся грамотно и по существу излагал учебно-программный материал, не допускал существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применял теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владел необходимыми навыками и приёмами их выполнения, уверенно демонстрировал хороший уровень усвоения основной литературы и достаточное знакомство с дополнительной литературой, рекомендованной программой дисциплины.</p> <p>Как правило, оценку «хорошо» выставляют обучающемуся, показавшему систематический характер знаний по дисциплине и способным к их самостоятельному пополнению и обновлению в ходе дальнейшей учебной работы и профессиональной деятельности. Рейтинговые баллы назначаются обучающемуся с учётом баллов текущей (на занятиях) и (или) рубежной аттестации (контроле).</p>
-------	--------------------	-------------------------	--

60-69	Зачтено, 3, удовлетворительно	Достаточный (минимальный)	<p>ЗАЧТЕНО, УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО</p> <p>заслуживает обучающийся, обнаруживший минимальные (достаточные) знания учебно-программного материала на занятиях и самостоятельной работе. При этом, рейтинговая оценка (средний балл) его текущей аттестации по дисциплине входит в диапазон 60-69.</p> <p>На занятиях обучающийся демонстрирует знания только основного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей профессиональной работы, слабое усвоение деталей, допускает неточности, в том числе в формулировках, нарушает логическую последовательность в изложении программного материала, испытывает затруднения при выполнении практических заданий и работ, знакомый с основной литературой, слабо (недостаточно) знаком с дополнительной литературой, рекомендованной программой.</p> <p>Как правило, оценку «удовлетворительно» выставляют обучающемуся, допускавшему погрешности в ответах на занятиях и при выполнении заданий, но обладающим необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя.</p> <p>Рейтинговые баллы назначаются обучающемуся с учётом баллов текущей (на занятиях) и (или) рубежной аттестации (контроле).</p>
-------	-------------------------------	---------------------------	--

Менее 60	Не зачтено, 2, неудовлетворительно	Недостаточный (ниже минимального)	<p>НЕ ЗАЧТЕНО, НЕУДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО</p> <p>выставляется обучающемуся, который не знает большей части учебно-программного материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет практические работы на занятиях и самостоятельной работе.</p> <p>Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится обучающемуся продемонстрировавшего отсутствие целостного представления по дисциплине, предмете, его взаимосвязях и иных компонентов. При этом, обучающийся не может продолжить обучение или приступить к профессиональной деятельности по окончании вуза без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине. Компетенции, закреплённые за дисциплиной, сформированы на недостаточном уровне или не сформированы.</p> <p>Рейтинговые баллы назначаются обучающемуся с учётом баллов текущей (на занятиях) и (или) рубежной аттестации (контроле).</p>
----------	------------------------------------	-----------------------------------	---

Промежуточная аттестация может проводиться в форме компьютерного тестирования. Обучающемуся отводится для подготовки ответа на один вопрос открытого и закрытого типа не менее 5 минут.

Итоговая оценка при проведении зачёта выставляется с использованием следующей шкалы.

Оценка	Правильно решенные тестовые задания (%)
«отлично»	90-100
«хорошо»	66-89
«удовлетворительно»	50-65
«неудовлетворительно»	0-49

Примеры практических работ

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 1

Тема: Анализ кристаллического строения металлов и сплавов

Цель работы: Изучить типы кристаллических решёток металлов, освоить методы их визуализации и анализа.

1. Теоретическая часть

Ключевые понятия:

Кристаллическая решётка – упорядоченное расположение атомов в пространстве.

Типы решёток: ОЦК (объёмно-центрированная кубическая), ГЦК (гранецентрированная кубическая), ГПУ (гексагональная плотноупакованная).

Дефекты кристаллической решётки: точечные (вакансии, примеси), линейные (дислокации), поверхностные (границы зёрен).

Основные фазы на диаграмме «Железо–Цементит»

Фаза	Обозначение	Содержание углерода, %	Свойства
Феррит	α	до 0.025%	Мягкий, пластичный, магнитный до 768°C
Аустенит	γ	до 2.14%	Пластичный, немагнитный, устойчив при высоких температурах
Цементит	Fe_3C	6.67%	Твёрдый, хрупкий, химическое соединение
Ледебурит	L	4.3%	Эвтектическая смесь аустенита и цементита

Критические точки и линии

A₁ (PSK) – линия перлитного превращения (727°C).

A₂ (MO) – точка Кюри железа (768°C).

A₃ (GS) – граница растворимости углерода в феррите.

A₄ (NJ) – граница устойчивости аустенита.

A₆₅₆ (GP) – граница магнитных свойств феррита.

Структурные составляющие

Перлит – эвтектоидная смесь феррита и цементита (0.8% C).

Ледебурит – эвтектическая смесь аустенита и цементита (4.3% C).

Феррит первичный – выделяется из жидкой фазы.

Цементит вторичный – выделяется из аустенита.

2. Задание

Задание 1: Определение фазового состава и структур

1. Изучите предложенные образцы металлов и сплавов (макеты кристаллических решёток, микрофотографии).
2. Определите тип кристаллической решётки для каждого образца по описанию и иллюстрациям.
3. Заполните таблицу:

№ образца	Материал	Тип кристаллической решётки (ОЦК/ГЦК/ГПУ)	Характеристика решётки (координационное число, плотность упаковки)
1	Алюминий		
2	Железо (α -Fe)		
3	Медь		
4	Магний		
5	Титан (α -фаза)		

Задание 2: Анализ превращений при охлаждении

Для стали с содержанием углерода 0.4%:

1. Постройте схему охлаждения от 1200°C до комнатной температуры.
2. Опишите все фазовые превращения при охлаждении.
3. Определите структуру при комнатной температуре.
4. Укажите, какие механические свойства можно ожидать у этой стали.

Задание 3: Выбор материалов для мехатронных систем

Подберите материал для следующих деталей робота-манипулятора, обоснуйте выбор на основе содержания углерода и структуры:

1. Вал привода – требуется высокая прочность, умеренная пластичность.
2. Корпус подшипника – требуется износостойкость, антифрикционные свойства.
3. Зубчатое колесо – требуется высокая твёрдость поверхности, вязкая сердцевина.
4. Крепёжная пластина – требуется высокая пластичность, свариваемость.

Предложите марки сталей или чугунов и объясните, почему они подходят.

Задание 4: Расшифровка микроструктур

По предоставленным микрофотографиям определите:

1. Тип материала (сталь/чугун).
2. Примерное содержание углерода.
3. Структурные составляющие.
4. Вид термической обработки (если применимо).

5. Контрольные вопросы

1. Объясните, чем отличается эвтектика от эвтектоида на диаграмме «Железо–Цементит». Приведите примеры.
2. Почему стали с содержанием углерода около 0.8% называют эвтектоидными? Какова их структура при комнатной температуре?
3. Как изменяются механические свойства стали с увеличением содержания углерода? Объясните, почему.
4. Что такое ледебурит и в каких сплавах он образуется? Где применяются такие сплавы?
5. Как диаграмма «Железо–Цементит» используется для выбора режимов термической обработки сталей?
6. Объясните, почему в мехатронике часто применяются среднеуглеродистые стали (0.3–0.6% C). Приведите примеры деталей.

6. Требования к отчёту

1. Титульный лист с названием работы, ФИО студента, группы.
2. Цель работы.
3. Выполненные задания.
4. Ответы на контрольные вопросы.
5. Выводы по работе.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 2

Тема: Анализ фазовых превращений в двухкомпонентных сплавах на примере диаграммы состояния «Железо–Цементит»

Цель работы: Освоить чтение диаграммы состояния железоуглеродистых сплавов, определять фазовый состав и структуру сталей и чугунов в зависимости от содержания углерода и температуры.

1. Теоретическая часть

Ключевые понятия:

Диаграмма состояния – графическое представление фазового состава сплава в зависимости от температуры и состава.

Фазы на диаграмме «Железо–Цементит»: феррит (α), аустенит (γ), цементит (Fe_3C), ледебурит.

Критические точки: A_1 , A_2 , A_3 , A_{656} .

Структурные составляющие: перлит, ледебурит, феррит, аустенит, цементит.

Основные линии диаграммы:

Линия ликвидус (ABCD) – начало кристаллизации.

Линия солидус (AHJECF) – конец кристаллизации.

Линия GS (A_3) – граница растворимости углерода в феррите.

Линия PSK (A_1) – линия перлитного превращения.

2. Задание

Задание 1: «Определение фазового состава и структур»

- Изучите диаграмму состояния «Железо–Цементит»
- Определите фазовый состав и структурные составляющие для сплавов с заданным содержанием углерода при различных температурах.
- Заполните таблицу:

№ задания	Содержание углерода, %	Температура, °C	Фазовый состав (название фаз)	Структурные составляющие
1	0.3%	900°C		
2	0.8%	800°C		
3	1.2%	1200°C		
4	3.0%	1100°C		
5	4.3%	1147°C		

Задание 2: «Анализ превращений при охлаждении»

Для стали с содержанием углерода **0.4%**:

1. Постройте схему охлаждения от 1200°C до комнатной температуры.
2. Опишите все фазовые превращения при охлаждении.
3. Определите структуру при комнатной температуре.
4. Укажите, какие механические свойства можно ожидать у этой стали.

Задание 3: «Выбор материалов для мехатронных систем»

Подберите материал для следующих деталей робота-манипулятора, обоснуйте выбор на основе содержания углерода и структуры:

- Вал привода – требуется высокая прочность, умеренная пластичность.
- Корпус подшипника – требуется износостойкость, антифрикционные свойства.
- Зубчатое колесо – требуется высокая твёрдость поверхности, вязкая сердцевина.
- Крепёжная пластина – требуется высокая пластичность, свариваемость.

Предложите марки сталей или чугунов и объясните, почему они подходят.

Задание 4: Расшифровка микроструктур

По предоставленным микрофотографиям определите:

- Тип материала (сталь/чугун).
- Примерное содержание углерода.
- Структурные составляющие.
- Вид термической обработки (если применимо).

Контрольные вопросы

1. Объясните, чем отличается эвтектика от эвтектоида на диаграмме «Железо–Цементит». Приведите примеры.
2. Почему стали с содержанием углерода около 0.8% называют эвтектоидными? Какова их структура при комнатной температуре?
3. Как изменяются механические свойства стали с увеличением содержания углерода? Объясните, почему.
4. Что такое ледебурит и в каких сплавах он образуется? Где применяются такие сплавы?
5. Как диаграмма «Железо–Цементит» используется для выбора режимов термической обработки сталей?
6. Объясните, почему в мехатронике часто применяются среднеуглеродистые стали (0.3–0.6% C). Приведите примеры деталей.

Требования к отчёту

1. Титульный лист – название работы, ФИО, группа, дата.
2. Цель работы.
3. Теоретическая справка – краткое описание диаграммы, фаз, структур.
4. Результаты выполнения заданий – таблицы, схемы, описания.
5. Ответы на контрольные вопросы.
6. Выводы – обобщение полученных знаний, применение в профессии.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 3

Тема: Исследование свойств и применение цветных металлов и неметаллических материалов в мехатронике

Цель работы: Изучить свойства, маркировку и области применения цветных металлов и их сплавов, а также неметаллических материалов. Научиться обосновывать выбор материалов для конкретных узлов мехатронных систем.

Теоретическая часть

Цветные металлы и их сплавы

Материал	Основные свойства	Маркировка (пример)	Области применения в мехатронике
Алюминий	Лёгкий, коррозионно-стойкий, высокая электропроводность	АД1, АМг5, Д16	Корпуса, рамы, радиаторы
Медь	Высокая электропроводность, пластичность	М1, М2, Л63 (латунь)	Проводники, контакты, шины
Титан	Высокая прочность, коррозионная стойкость, малый вес	BT1, BT5	Детали в агрессивных средах, авиароботы
Магний	Очень лёгкий, хорошая обрабатываемость	МЛ5, МЛ10	Лёгкие конструкции, корпуса
Латунь	Прочность, коррозионная стойкость, хорошая	Л63, ЛС59	Втулки, подшипники, фитинги

	обрабатываемость		
Бронза	Высокая износостойкость, антифрикционные свойства	БрОФ10, БрА9	Подшипники скольжения, шестерни

Неметаллические материалы

Материал	Свойства	Применение в мехатронике
Пластмассы	Лёгкость, электроизоляция, коррозионная стойкость	Корпуса, изоляторы, втулки
Текстолит	Высокая прочность, электроизоляция	Панели, прокладки, направляющие
Фторопласт	Низкий коэффициент трения, химическая стойкость	Антифрикционные втулки, уплотнения
Резина	Упругость, виброгашение	Амортизаторы, уплотнители, муфты
Керамика	Высокая твёрдость, износостойкость, термостойкость	Подшипники, изоляторы, сенсорные элементы
Композиты	Высокая удельная прочность, лёгкость	Лёгкие рамы, манипуляторы, защитные панели

Задания

Задание 1: «Идентификация и маркировка материалов»

Изучите предоставленные образцы цветных металлов и неметаллических материалов. Определите тип материала, его маркировку и основные свойства.

Заполните таблицу:

№ образца	Материал (визуально/по описанию)	Тип материала (металл/неметалл)	Маркировка (если известна)	Основные свойства	Пример применения в мехатронном модуле
1					
2					
3					

4					
5					

Задание 2: «Расчёт массы и стоимости детали»

Для детали корпус датчика из алюминиевого сплава АД1:

- Объём детали: 120 см³
 - Плотность алюминия: 2.7 г/см³
 - Стоимость 1 кг сплава: 250 руб.
1. Рассчитайте массу детали.
 2. Рассчитайте стоимость материала для одной детали.
 3. Предложите альтернативный материал (пластмассу) и сравните массу и стоимость.

Задание 3: «Выбор материала для узлов робота-манипулятора»

Обоснуйте выбор материала для следующих компонентов, учитывая условия эксплуатации:

Компонент	Условия эксплуатации	Предлагаемый материал	Обоснование выбора
Вал привода	Высокие нагрузки, вращение, вибрация		
Корпус контроллера	Защита от пыли, влаги, электроизоляция, лёгкий вес		
Подшипник скольжения	Высокие скорости, температура, минимальное трение		
Защитный кожух	Ударопрочность, стойкость к маслам, лёгкость		
Электрический разъём	Высокая электропроводность, коррозионная стойкость		

Задание 4: «Анализ причин выхода из строя детали»

Дано: В мехатронной системе вышел из строя подшипник скольжения из бронзы БрОФ10. Наблюдаются признаки износа, задиры, локальный перегрев.

1. Предположите возможные причины выхода из строя.
2. Предложите альтернативный материал или способ упрочнения.
3. Разработайте рекомендации по эксплуатации и обслуживанию.

Контрольные вопросы

1. Объясните, чем латунь отличается от бронзы по составу, свойствам и применению в мехатронике.
2. Почему алюминиевые сплавы широко используются в робототехнике? Какие у них ограничения?
3. Какие неметаллические материалы применяются для электроизоляции в мехатронных системах? Приведите примеры.
4. Как влияет коэффициент теплового расширения материала на точность работы мехатронного узла? Приведите примеры материалов с разным КТР.
5. Что такое композиционные материалы? Приведите примеры их использования в современных роботах.
6. Объясните, как выбрать материал для теплоотвода в электронном модуле робота. Какие свойства материала наиболее важны?

Требования к отчёту

1. Титульный лист – название работы, ФИО, группа, дата.
2. Цель работы.
3. Теоретическая часть – краткий конспект по цветным и неметаллическим материалам.
4. Результаты выполнения заданий – таблицы, расчёты, обоснования выбора.
5. Ответы на контрольные вопросы.
6. Выводы – обобщение полученных знаний, связь с профессией.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 4

Тема: Исследование структуры сталей и выбор режимов термической обработки для деталей мехатронных систем

Цель работы: Изучить структуру сталей в равновесном состоянии и после термической обработки. Освоить методику выбора режимов термообработки для улучшения механических свойств деталей мехатронных модулей.

Теоретическая часть

Структура сталей в зависимости от содержания углерода

Содержание углерода, %	Структура в равновесном состоянии	Основные свойства
До 0.8% (доэвтектоидные)	Феррит + Перлит	Высокая пластичность, умеренная прочность
0.8% (эвтектоидные)	Перлит (Феррит + Цементит)	Высокая твёрдость, умеренная пластичность
Свыше 0.8% (заэвтектоидные)	Перлит + Цементит вторичный	Высокая твёрдость, хрупкость

Виды термической обработки сталей

Вид обработки	Температура, °C	Охлаждающая среда	Цель обработки
Отжиг	Выше A_3 или A_1	Печь	Снятие напряжений, улучшение обрабатываемости
Нормализация	Выше A_3 на 30–50°C	Воздух	Улучшение структуры, повышение прочности
Закалка	Выше A_3 или A_1	Вода, масло, воздух	Повышение твёрдости и прочности
Отпуск	150–650°C	Воздух	Снятие напряжений после закалки, повышение вязкости

Задания

Задание 1: Анализ микроструктур сталей

Изучите предоставленные микрофотографии сталей. Определите тип стали, структурные составляющие и примерное содержание углерода.

Заполните таблицу:

№ образца	Микрофотография (описание)	Тип стали (доэвтектоидная/эвтектоидная/заэвтектоидная)	Структурные составляющие	Примерное содержание углерода,
-----------	----------------------------	--	--------------------------	--------------------------------

				%
1				
2				
3				
4				
5				

Задание 2: Влияние скорости охлаждения на твёрдость

Для стали **У8** (0.8% C) провели закалку с различными скоростями охлаждения. Результаты измерений твёрдости по Роквеллу (HRC):

Скорость охлаждения	Твёрдость, HRC
Печь (медленно)	18
Воздух	35
Масло	58
Вода	65

1. Постройте график зависимости твёрдости от скорости охлаждения.
2. Объясните, почему твёрдость возрастает с увеличением скорости охлаждения.
3. Предложите оптимальную среду охлаждения для:
 - Инструментальной стали (требуется высокая твёрдость).
 - Конструкционной стали (требуется прочность и вязкость).

Задание 3: Выбор режимов термической обработки для деталей робота

Для следующих деталей мехатронной системы предложите режимы термической обработки (температура нагрева, среда охлаждения, температура отпуска) и обоснуйте выбор.

Деталь	Материал (сталь)	Условия работы	Предлагаемый режим термообработки	Обоснование
Вал-шестерня	40X	Высокие нагрузки, ударные воздействия,		

		износ		
Кулачок	У10	Высокая твёрдость поверхности, износ		
Корпус подшипника	Ст3	Умеренные нагрузки, вибрация, коррозионная среда		
Пружина	65Г	Упругость, циклические нагрузки		

Задание 4: Расчёт температуры нагрева под закалку

Для стали **45** (0.45% C) определите:

1. Критические точки A_1 и A_3 по диаграмме «Железо–Цементит».
2. Температуру нагрева под закалку ($A_3 + 30–50^\circ\text{C}$).
3. Рекомендуемую среду охлаждения.
4. Температуру отпуска для получения твёрдости 40–45 HRC.

Контрольные вопросы

1. Объясните, чем отличается отжиг от нормализации. В каких случаях применяется каждый вид?
2. Почему после закалки сталь необходимо отпускать? Что происходит со структурой и свойствами при отпуске?
3. Какое влияние оказывает содержание углерода на прокаливаемость стали?
4. Что такое закаливаемость и прокаливаемость стали? Как они влияют на выбор материала для крупногабаритных деталей?
5. Почему для инструментальных сталей часто применяют закалку с низким отпуском, а для конструкционных – с высоким отпуском?
6. Как термическая обработка влияет на точность размеров деталей мехатронных модулей? Как минимизировать деформации?

Требования к отчёту

1. Титульный лист – название работы, ФИО, группа, дата.
2. Цель работы.

3. Теоретическая часть – краткий конспект по структуре сталей и термообработке.
4. Результаты выполнения заданий – таблицы, графики, расчёты, обоснования выбора.
5. Ответы на контрольные вопросы.
6. Выводы – обобщение полученных знаний, связь с профессией.
- 7.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 6

Тема: Макро- и микроскопический анализ металлических материалов. Определение твёрдости и исследование структуры

Цель работы: Освоить методы макро- и микроскопического анализа структуры металлов и сплавов. Научиться определять твёрдость материалов методами Бринелля и Роквелла. Провести анализ структуры и свойств материалов, применяемых в мехатронных системах.

Теоретическая часть

Методы исследования структуры металлов

Метод	Сущность метода	Область применения
Макроскопический анализ	Изучение структуры невооружённым глазом или при небольшом увеличении (до 30×)	Выявление дефектов литья, крупных зёрен, трещин
Микроскопический анализ	Изучение структуры при увеличениях от 50× до 2000×	Определение размера зёрен, фазового состава, дефектов
Фрактографический анализ	Изучение поверхности излома	Определение характера разрушения (хрупкое, вязкое)

Методы определения твёрдости

Метод	Индентор	Нагрузка, кгс	Диапазон твёрдости	Применение
Бринелль	Шарик из твёрдого сплава	500–3000	HB 30–600	Мягкие и среднетвёрдые материалы
Роквелл	Алмазный конус или стальной шарик	60–150	HRC, HRB, HRA	Твёрдые и закалённые материалы
Виккерс	Алмазная	1–120	HV 5–1500	

	пирамида			
--	----------	--	--	--

Структурные составляющие сталей и чугунов

Феррит – светлая составляющая.

Цементит – тёмная или светлая (в зависимости от травления).

Перлит – слоистая структура.

Ледебурит – эвтектическая смесь.

Графит – включения в чугунах.

Задания

Задание 1: Макроскопический анализ образцов

Изучите предоставленные макрошлифы металлов (сталь, чугун, алюминиевый сплав). Определите видимые дефекты, крупные структурные элементы и зональность.

Заполните таблицу:

№ образца	Материал (предположительно)	Видимые дефекты (трещины, раковины, крупные зёрна)	Оценка качества (хорошее/удовлетворительное/неудовлетворительное)	Возможная причина дефектов
1				
2				
3				

Задание 2: Определение твёрдости методами Бринелля и Роквелла

Проведите измерение твёрдости предоставленных образцов на твёрдомере.

Заполните таблицу:

№ образца	Материал	Метод измерения	Нагрузка, кгс	Значение твёрдости	Пересчёт в другие единицы (при необходимости)
1	Сталь 45	Бринелль	3000		

2	Закалённая сталь	Роквелл (шкала С)	150		
3	Алюминиевый сплав	Бринелль	500		
4	Латунь Л63	Роквелл (шкала В)	100		

Задание 3: Микроскопический анализ структуры сталей

Изучите предоставленные микрошлифы сталей. Определите структурные составляющие и тип стали.

Заполните таблицу:

№ микрошлифа	Увеличение	Структурные составляющие	Тип стали (доэвтектоидная/эвтектоидная/заэвтектоидная)	Примерное содержание углерода, %
1	200×			
2	500×			
3	100×			

Задание 4: Анализ причин разрушения детали

Дано: В приводе робота-манипулятора разрушился вал из стали 40Х. На поверхности излома наблюдается блестящий зеркальный участок и радиальные линии.

1. Проведите фрактографический анализ (опишите вид излома).
2. Определите характер разрушения (хрупкое, вязкое, усталостное).
3. Предположите причины разрушения.
4. Предложите меры по предотвращению подобных отказов.

Задание 5: Выбор материала на основе твёрдости и структуры

Для детали зубчатое колесо редуктора робота требуется:

- Твёрдость поверхности: 55–60 HRC
 - Вязкая сердцевина: 30–35 HRC
 - Отсутствие крупных дефектов в структуре.
1. Предложите материал (марку стали).
 2. Обоснуйте выбор термообработки (поверхностная закалка, цементация, азотирование).
 3. Опишите ожидаемую структуру поверхности и сердцевины после обработки.

Контрольные вопросы

1. Объясните, чем отличается макроскопический анализ от микроскопического. В каких случаях каждый из них применяется?
2. Почему для измерения твёрдости мягких материалов используют метод Бринелля, а для твёрдых – метод Роквелла?
3. Как по виду излома определить характер разрушения детали? Приведите примеры для хрупкого и вязкого разрушения.
4. Что такое дефекты металлургического происхождения? Как их выявить макроскопическим анализом?
5. Почему при микроскопическом анализе стали необходимо травление шлифа? Какие реактивы используются?
6. Как результаты анализа твёрдости и структуры влияют на выбор материала для ответственных деталей мехатронных систем?

Требования к отчёту

1. Титульный лист – название работы, ФИО, группа, дата.
2. Цель работы.
3. Теоретическая часть – краткий конспект по методам анализа и измерения твёрдости.
4. Результаты выполнения заданий – таблицы, расчёты, описания, рисунки микроструктур.
5. Ответы на контрольные вопросы.
6. Выводы – обобщение полученных знаний, связь с профессией.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 7

Тема: Исследование химико-термической обработки и методов упрочнения сталей для деталей мехатронных систем

Цель работы: Изучить методы химико-термической обработки (ХТО) и упрочнения поверхностного слоя сталей. Освоить методику выбора вида ХТО для повышения износостойкости, усталостной прочности и коррозионной стойкости деталей мехатронных модулей.

Теоретическая часть

Основные виды химико-термической обработки (ХТО)

Вид ХТО	Насыщающий элемент	Температура, °C	Глубина слоя, мм	Основные свойства обработанного слоя
Цементация	Углерод (C)	900–950	0.5–2.0	Высокая твёрдость (HRC)

				58–62), износостойкость
Азотирование	Азот (N)	500–600	0.1–0.8	Высокая твёрдость (HV 1000–1200), коррозионная стойкость
Цианирование	Углерод + Азот	800–900	0.1–0.5	Высокая твёрдость и износостойкость
Борирование	Бор (B)	900–1000	0.1–0.3	Очень высокая твёрдость (HV 1600–2000), износостойкость
Диффузионная металлизация	Хром, алюминий, кремний	900–1100	0.05–0.5	Повышение жаростойкости и коррозионной стойкости

Методы поверхностного упрочнения без изменения химического состава

Метод	Сущность метода	Улучшаемые свойства
Поверхностная закалка	Нагрев поверхностного слоя с последующим охлаждением	Твёрдость, износостойкость
Дробеструйная обработка	Обработка поверхности дробью	Повышение усталостной прочности
Поверхностный пластический деформирование	Обработка роликами, шариками	Повышение твёрдости, создание сжимающих напряжений
Лазерная закалка	Локальный нагрев лазером с быстрым самоохлаждением	Высокая точность, малое коробление

Выбор метода упрочнения в зависимости от условий работы детали

Высокие контактные нагрузки, износ → Цементация, азотирование.

Коррозионные среды → Азотирование, хромирование.

Циклические нагрузки, усталость → Дробеструйная обработка, поверхностное пластическое деформирование.

Высокие температуры, окисление → Алитирование, силицирование.

Задания

Задание 1: Анализ микроструктур стали до и после ХТО

Изучите предоставленные микрошлифы стали 20Х (цементованный слой) и стали 38Х2МЮА (азотированный слой).

Заполните таблицу:

Образец	Вид ХТО	Глубина упрочнённого слоя, мм	Твёрдость поверхностного слоя	Структура поверхностного слоя	Структура сердцевины
Сталь 20Х (до обработки)	—	—	НВ 180	Феррит + Перлит	Феррит + Перлит
Сталь 20Х (после цементации)	Цементация				
Сталь 38Х2МЮА (после азотирования)	Азотирование				

Задание 2: Выбор метода упрочнения для деталей мехатронного модуля

Для следующих деталей выберите метод химико-термической или поверхностной обработки, обоснуйте выбор и укажите ожидаемые свойства.

Деталь	Материал	Условия эксплуатации	Рекомендуемый метод упрочнения	Ожидаемые свойства слоя
Кулачок распределительного механизма	Сталь 20Х	Высокий износ, ударные нагрузки		
Шестерня редуктора робота	Сталь 40Х	Высокие контактные напряжения, циклические нагрузки		
Вал-ось в агрессивной среде	Сталь 30ХГСА	Коррозионная среда, умеренный износ		

Направляющая скольжения	Сталь 45	Высокая точность перемещения, износ		
Корпус подшипника, работающий при повышенной температуре	Сталь 35	Нагрев до 300°C, окисление		

Задание 3: Расчёт параметров цементационного слоя

Для шестерни из стали 20Х проведена цементация. Известно:

- Температура цементации: 920°C
 - Время выдержки: 6 часов
 - Коэффициент диффузии углерода в аустените при 920°C: $D = 1.5 \cdot 10^{-7} \text{ см}^2/\text{с}$
1. Рассчитайте ожидаемую глубину цементованного слоя по формуле:
 $h = K \cdot \sqrt{(D \cdot t)}$, где $K \approx 2$ (коэффициент).
 2. Предложите режим последующей термообработки (закалка, отпуск).
 3. Оцените ожидаемую твёрдость поверхности после обработки.

Задание 4: Анализ причин преждевременного износа детали

Дано: Кулачок из стали 20Х после цементации вышел из строя ранее расчётного срока. Наблюдается:

- Интенсивный износ рабочей поверхности.
 - Отслаивание упрочнённого слоя.
 - Трещины в зоне контакта.
1. Проведите анализ возможных причин отказа.
 2. Предложите меры по улучшению качества обработки (изменение режимов ХТО, последующая термообработка, выбор альтернативного метода упрочнения).
 3. Рекомендуйте материал или метод упрочнения для увеличения срока службы.

3. Контрольные вопросы (развёрнутые)

1. Объясните физическую сущность процессов цементации и азотирования. Чем они отличаются по температуре проведения и свойствам получаемого слоя?
2. Почему для цементации применяют стали с низким содержанием углерода (0.1–0.25%), а для азотирования – легированные стали с алюминием, хромом, молибденом?

3. Что такое цианирование и нитроцементация? В чём их преимущества и недостатки по сравнению с цементацией и азотированием?
4. Как влияет глубина упрочнённого слоя на несущую способность детали? Приведите примеры для зубчатых колёс и подшипников качения.
5. Какие методы бесхимического поверхностного упрочнения применяются в мехатронике? Приведите примеры их использования для деталей роботов.
6. Как обеспечить минимальные деформации детали при проведении ХТО? Какие конструктивные и технологические меры можно принять?

Требования к отчёту

1. Титульный лист – название работы, ФИО, группа, дата.
2. Цель работы.
3. Теоретическая часть – краткий конспект по ХТО и методам упрочнения.
4. Результаты выполнения заданий – таблицы, расчёты, обоснования выбора, схемы микроструктур.
5. Ответы на контрольные вопросы.
6. Выводы – обобщение полученных знаний, связь с профессиональными задачами.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 8

Тема: Определение механических свойств материалов. Испытание на растяжение и твёрдость. Фрактографический анализ разрушения.

Цель работы: Освоить методику проведения испытаний металлических материалов на растяжение и твёрдость. Научиться определять основные механические характеристики (предел прочности, предел текучести, относительное удлинение). Провести фрактографический анализ изломов для определения характера разрушения деталей мехатронных систем.

Теоретическая часть

Основные механические свойства, определяемые при испытании на растяжение

Характеристика	Обозначение	Формула / метод определения	Физический смысл
Предел пропорциональности	$\sigma_{пц}$	Напряжение, до которого выполняется закон Гука	Максимальная нагрузка без остаточной деформации
Предел текучести	$\sigma_{т}$	Напряжение при возникновении пластической деформации	Начало необратимого изменения формы
Предел прочности	$\sigma_{в}$	$\sigma_{в} = P_{max} / S_0$	Максимальная

			нагрузка, которую выдерживает образец
Относительное удлинение	δ	$\delta = (l_k - l_0) / l_0 \cdot 100\%$	Пластичность материала
Относительное сужение	ψ	$\psi = (S_0 - S_k) / S_0 \cdot 100\%$	Способность материала к местной деформации

Диаграмма растяжения «напряжение–деформация» (σ – ϵ)

- Упругая область (до $\sigma_{пц}$) – деформация обратима.
- Пластическая область (после $\sigma_{т}$) – деформация необратима.
- Образование шейки – локальное сужение образца перед разрушением.

Методы определения твёрдости (повторение)

- Бринелль (HB) – для мягких и средних материалов.
- Роквелл (HRC, HRB) – для твёрдых и закалённых.
- Виккерс (HV) – для тонких слоёв и хрупких материалов.

Фрактографический анализ изломов

Тип излома	Внешний вид	Характер разрушения
Вязкий (пластичный)	Чашеобразный, с конусом и воронкой	Медленное, с большой деформацией
Хрупкий	Плоский, с кристаллическим блеском	Быстрое, без заметной деформации
Усталостный	Две зоны: гладкая (развитие трещины) и грубая (мгновенное разрушение)	Циклические нагрузки

Задания

Задание 1: Испытание на растяжение (по предоставленным данным)

По результатам испытания образца из стали Ст3 получены следующие данные:

- Начальная длина образца $l_0 = 50$ мм
- Начальная площадь сечения $S_0 = 20$ мм²
- Максимальная нагрузка $P_{max} = 12$ кН

- Нагрузка при пределе текучести $R_t = 8 \text{ кН}$
- Конечная длина после разрыва $l_k = 62 \text{ мм}$
- Площадь в месте разрыва $S_k = 12 \text{ мм}^2$

Рассчитайте:

1. Предел прочности (σ_B).
2. Предел текучести (σ_T).
3. Относительное удлинение (δ).
4. Относительное сужение (ψ).

Постройте схематическую диаграмму растяжения σ – ϵ и отметьте на ней ключевые точки.

Задание 2: Определение твёрдости образцов

Проведите измерение твёрдости предоставленных образцов методами Бринелля и Роквелла. Заполните таблицу:

№ образца	Материал	Метод измерения	Нагрузка	Значение твёрдости	Соответствие ГОСТ/ТУ (да/нет)
1	Сталь 45	Бринелль	3000 кгс		
2	Закалённая сталь	Роквелл (шкала С)	150 кгс		
3	Алюминий АД1	Бринелль	500 кгс		
4	Латунь Л63	Роквелл (шкала В)	100 кгс		

Задание 3: Фрактографический анализ изломов

Изучите предоставленные фотографии изломов. Определите характер разрушения и предположите возможные причины.

Заполните таблицу:

№ излома	Описание излома (внешний вид, зоны, цвет)	Характер разрушения (вязкий/хрупкий/усталостный)	Предполагаемая причина разрушения
1			
2			

3			
---	--	--	--

Задание 4: Анализ причин разрушения вала привода робота

Дано: Вал из стали 40Х в приводе робота-манипулятора разрушился после 6 месяцев эксплуатации. На изломе наблюдается:

- Две distinct зоны: гладкая приграничная зона с концентрическими линиями и шероховатая центральная зона.
 - Отсутствие заметной пластической деформации.
1. Определите тип разрушения.
 2. Назовите наиболее вероятную причину.
 3. Предложите меры по предотвращению подобных отказов (изменение материала, термообработка, конструктивные изменения).

Задание 5: Выбор материала на основе механических свойств

Для ответственного болтового соединения в роботе-сборщике требуются следующие свойства:

- Предел прочности $\sigma_B \geq 800$ МПа
 - Предел текучести $\sigma_T \geq 640$ МПа
 - Относительное удлинение $\delta \geq 12\%$
 - Твёрдость HRC 25–35
1. Подберите подходящую марку стали (например, 40Х, 30ХГСА, 35).
 2. Обоснуйте выбор.
 3. Предложите вид термообработки для достижения требуемых свойств.

Контрольные вопросы

1. Объясните, чем отличается предел текучести от предела прочности. Почему для конструкционных материалов важен именно предел текучести?
2. Как по диаграмме растяжения определить, является материал пластичным или хрупким?
3. Почему твёрдость часто коррелирует с прочностью материала? Приведите примеры такой корреляции для сталей.
4. Что такое шейка при растяжении и почему она образуется только у пластичных материалов?
5. Как по виду излома определить, произошло ли разрушение от статической перегрузки или усталости? Приведите признаки.
6. Почему в мехатронике для динамически нагруженных деталей (валы, шестерни) важны не только прочность, но и ударная вязкость?

Требования к отчёту

1. Титульный лист – название работы, ФИО, группа, дата.
2. Цель работы.
3. Теоретическая часть – краткий конспект по испытаниям и фрактографии.
4. Результаты выполнения заданий – расчёты, таблицы, диаграммы, описания.
5. Ответы на контрольные вопросы.
6. Выводы – обобщение полученных знаний, связь с профессиональными задачами.