

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Крюков Вадим Николаевич
Должность: Проректор по образовательной деятельности и молодежной политике
Дата подписания: 02.07.2026 13:48:20
Уникальный программный ключ:
1b0adb7fd710f6a0705d90c58682bd0c5f2f25b2

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Запорожский государственный университет им. Н. М. Федоровского»
ЗГУ

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ
по дисциплине

«МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ»

Факультет: ГТФ

Направление подготовки: 15.03.02 «Технологические машины и оборудование»

Направленность (профиль): «Металлургические машины и оборудование»

Уровень образования: бакалавриат

Кафедра «Металлургии, машин и оборудования»
наименование кафедры

Разработчик ФОС:

кандидат технических наук Доцент
(должность, степень, ученое звание)

(подпись)

Федоров А.А.
(ФИО)

Оценочные материалы по дисциплине рассмотрены и одобрены на заседании кафедры, протокол
№ 11 от « 10 » 06 2026 г.

И.о. заведующего кафедрой к.т.н., доцент Лаговская Е.В.

**Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю),
соотнесенных с планируемыми результатами образовательной программы**

Таблица 1 – Компетенции и индикаторы их достижения

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения
ОПК-5: Способен работать с нормативно-технической документацией, связанной с профессиональной деятельностью, с учетом стандартов, норм и правил	ОПК-5.1: Способен участвовать в разработке конструкторской документации в области профессиональной деятельности с учетом требований ЕСКД
ОПК-12 Способен обеспечивать повышение надежности технологических машин и оборудования на стадиях проектирования, изготовления и эксплуатации	ОПК-12.1: Обеспечивают и заданные показатели надежности на этапах проектирования

Таблица 2 – Паспорт фонда оценочных средств

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Формируемая компетенция	Наименование оценочного средства	Показатели оценки
Классификация материалов. Атомно - кристаллическое строение металлов и сплавов.	ОПК-5 ОПК-12	Список литературных источников по тематике, тестовые задания	Составление систематизированного списка использованных источников, решение теста
Кристаллизация металлов.	ОПК-5 ОПК-12	Список литературных источников по тематике, тестовые задания	Составление систематизированного списка использованных источников, решение теста
Теория сплавов. Диаграммы состояния систем двойных сплавов.	ОПК-5 ОПК-12	Список литературных источников по тематике, тестовые задания	Составление систематизированного списка использованных источников, решение теста
Теория термической обработки	ОПК-5 ОПК-12	Список литературных источников по	Составление систематизированного списка использованных

		тематике, тестовые задания	источников, решение теста
Конструкционные и инструментальные стали и сплавы	ОПК-5 ОПК-12	Список литературных источников по тематике, тестовые задания	Составление систематизированного списка использованных источников, решение теста
Теория и технология химико- термической обработки	ОПК-5 ОПК-12	Список литературных источников по тематике, тестовые задания	Составление систематизированного списка использованных источников, решение теста
Сплавы на основе алюминия и титана	ОПК-5 ОПК-12	Список литературных источников по тематике, тестовые задания	Составление систематизированного списка использованных источников, решение теста
Сплавы на основе меди и магния	ОПК-5 ОПК-12	Список литературных источников по тематике, тестовые задания	Составление систематизированного списка использованных источников, решение теста
Антифрикционные сплавы	ОПК-5 ОПК-12	Список литературных источников по тематике, тестовые задания	Составление систематизированного списка использованных источников, решение теста
Пластические, композиционные и резиновые материалы	ОПК-5 ОПК-12	Список литературных источников по тематике, тестовые задания	Составление систематизированного списка использованных источников, решение теста
Клеящие, лакокрасочные, неорганические материалы	ОПК-5 ОПК-12	Список литературных источников по тематике, тестовые задания	Составление систематизированного списка использованных источников, решение теста
Курсовой проект	ОПК-5 ОПК-12	Список литературных источников по тематике, тестовые задания	Составление систематизированного списка использованных источников, решение теста
Экзамен	ОПК-5 ОПК-12	Решение всех тестовых	Решение всех тестовых заданий по темам

		заданий по темам и заданий КП	
--	--	-------------------------------	--

1. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие процесс формирования компетенций

Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, представлены в виде технологической карты дисциплины (таблица 3).

Таблица 3 – Технологическая карта

	Наименование оценочного средства	Сроки выполнения	Шкала оценивания	Критерии оценивания
Промежуточная аттестация в 5 семестре в форме «Экзамен»				
	Тестовые задания	В течение обучения по дисциплине	от 0 до 5 баллов	От 3 до 5 баллов
ИТОГО:		-	___ баллов	-

	Наименование оценочного средства	Сроки выполнения	Шкала оценивания	Критерии оценивания
Промежуточная аттестация в 5 семестре в форме «Курсовой проект»				
	Тестовые задания	В течение обучения по дисциплине	от 0 до 5 баллов	От 3 до 5 баллов
ИТОГО:		-	___ баллов	-

Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие процесс формирования компетенций в ходе освоения образовательной программы

Уровень 1. Базовый (проверка основных понятий) – 10 вопросов (ОПК-5)

1. Задание закрытого типа на установление соответствия

Установите соответствие между нормативным документом (ГОСТ) и областью его применения в материаловедении.

Нормативный документ

Область применения

1. ГОСТ 1497-84

А. Классификация и марки деформируемых алюминиевых сплавов

Нормативный документ	Область применения
2. ГОСТ 4543-2016	Б. Методы испытаний металлов на растяжение
3. ГОСТ 4784-2019	В. Конструкционная легированная сталь, технические условия
4. ГОСТ 5632-2014	Г. Легированные нержавеющие стали и сплавы (коррозионно-стойкие, жаростойкие, жаропрочные)

Обоснование выбора: Правильное соотнесение стандартов с их содержанием является основой грамотной работы с нормативно-технической документацией.

Ответ:

- 1 – Б (ГОСТ 1497-84 устанавливает методы статических испытаний на растяжение черных и цветных металлов).
- 2 – В (ГОСТ 4543-2016 распространяется на металлопродукцию из конструкционной легированной стали для конструкций общего назначения).
- 3 – А (ГОСТ 4784-2019 устанавливает марки алюминия и деформируемых алюминиевых сплавов для изготовления полуфабрикатов).
- 4 – Г (ГОСТ 5632-2014 регламентирует марки легированных нержавеющих сталей и сплавов).

2. Задание закрытого типа на установление последовательности

Расположите виды термической обработки стали в порядке повышения температуры нагрева (от наиболее низкой к наиболее высокой):

- 1. Низкий отпуск
- 2. Закалка
- 3. Высокий отпуск
- 4. Отжиг

Обоснование выбора: Знание температурных интервалов термической обработки необходимо для назначения корректных режимов по стандартам (например, ГОСТ 4543-2016).

Ответ: Низкий отпуск → Высокий отпуск → Закалка → Отжиг

3. Задание комбинированного типа с выбором одного верного ответа из четырёх и обоснованием

Согласно диаграмме состояния «железо – цементит», какая из перечисленных температур является критической точкой A1 (эвтектоидное превращение) для сталей?

1. 727 °C
2. 768 °C
3. 910 °C
4. 1499 °C

Обоснование выбора: Понимание критических точек диаграммы железо-углерод необходимо для назначения режимов термической обработки по нормативной документации (например, ГОСТ 5632-2014).

Ответ: 1

Обоснование: Линия PSK (727 °C) на диаграмме железо-цементит соответствует эвтектоидному превращению аустенита в перлит (A1). A3 находится на линии GS, Acm – на линии SE, а A2 (768 °C) – линия Кюри.

4. Задание открытого типа (краткий ответ)

Расшифруйте марку стали 12X18H10T согласно ГОСТ 5632-2014: укажите химический состав и класс стали.

Обоснование выбора: Умение расшифровывать марки материалов по нормативным документам (ГОСТ 5632-2014) является ключевым для профессиональной деятельности.

Ответ: 12X18H10T – сталь аустенитного класса, коррозионно-стойкая. Расшифровка: 0,12 % углерода, около 18 % хрома, около 10 % никеля, с добавкой титана (Т).

5. Задание комбинированного типа с выбором нескольких вариантов ответа из предложенных и развернутым обоснованием

Какие из перечисленных механических характеристик определяют по ГОСТ 1497-84 при статических испытаниях на растяжение? (выбрать все верные)

1. Предел текучести (σ_T)
2. Твердость по Бринеллю (HB)
3. Относительное удлинение (δ)
4. Ударная вязкость (KCU)
5. Относительное сужение (ψ)

Обоснование выбора: Знание перечня характеристик, определяемых по стандарту, необходимо для анализа протоколов испытаний.

Ответ: 1, 3, 5.

Обоснование: ГОСТ 1497-84 регламентирует определение следующих характеристик: предел текучести ($\sigma_{\text{т}}$), относительное удлинение (δ) и относительное сужение (ψ) после разрыва. Твердость по Бринеллю определяется по ГОСТ 9012-59, ударная вязкость – по ГОСТ 9454-78.

6. Задание закрытого типа на установление соответствия

Установите соответствие между типом сплава цветных металлов и его маркой по нормативному документу.

Тип сплава	Марка
1. Деформируемый алюминиевый сплав	А. Б83
2. Литейный магниевый сплав	Б. Д16
3. Антифрикционный сплав (баббит)	В. МЛ5
4. Оловянная бронза	Г. БрО10Ф1

Обоснование выбора: Правильная идентификация марок по нормативным документам является основой выбора материалов.

Ответ:

- 1 – Б (Д16 – сплав системы Al–Cu–Mg, нормируется по ГОСТ 4784-2019).
 - 2 – В (МЛ5 – литейный магниевый сплав, ГОСТ 2856-79).
 - 3 – А (Б83 – оловянный баббит, ГОСТ 1320-74).
 - 4 – Г (БрО10Ф1 – оловянная бронза, ГОСТ 613-79).
-

7. Задание открытого типа (краткий ответ)

Перечислите три основных способа химико-термической обработки (ХТО) стали. Кратко опишите их сущность.

Обоснование выбора: Владение терминологией ХТО необходимо для выбора упрочняющей технологии по стандартам (например, ГОСТ 9.301-86).

Ответ:

1. **Цементация** – насыщение поверхностного слоя углеродом.

2. **Азотирование** – насыщение поверхностного слоя азотом.
 3. **Цианирование (нитроцементация)** – одновременное насыщение углеродом и азотом.
-

8. Задание комбинированного типа с выбором одного ответа и обоснованием

На диаграмме состояния железо-углерод (метастабильная система) доэвтектоидная сталь имеет структуру:

1. Перлит
2. Перлит и цементит вторичный
3. Феррит и перлит
4. Феррит и цементит третичный

Обоснование выбора: Знание фазового состава сталей необходимо для выбора материала по ГОСТ.

Ответ: 3

Обоснование: Доэвтектоидная сталь содержит феррит (избыточная фаза) и перлит (эвтектоидная смесь феррита и цементита).

9. Задание закрытого типа на установление последовательности

Расположите этапы стандартного процесса закалки стали в правильной последовательности:

1. Охлаждение (в воде, масле или на воздухе)
2. Выдержка при заданной температуре
3. Нагрев до температуры выше критической точки A_{c3} (или A_{c1})
4. Выбор температуры нагрева по диаграмме состояния

Обоснование выбора: Последовательность операций закалки регламентирована отраслевыми стандартами.

Ответ: $4 \rightarrow 3 \rightarrow 2 \rightarrow 1$

10. Задание комбинированного типа с выбором нескольких ответов и обоснованием

Какие требования к поверхности основного металла перед нанесением покрытий устанавливает ГОСТ 9.301-86? (выбрать все верные)

1. Шероховатость поверхности должна быть не более заданной величины
2. Наличие окалины и жировых загрязнений не допускается

3. Допускаются сквозные трещины
4. Поверхность должна быть чистой, без коррозионных поражений

Обоснование выбора: Знание требований стандарта ЕСЗКС необходимо для контроля качества подготовки поверхности.

Ответ: 1, 2, 4.

Обоснование: ГОСТ 9.301-86 устанавливает, что шероховатость поверхности по ГОСТ 2789-73 не должна превышать заданных величин. Также стандарт требует, чтобы поверхность была очищена от окалины, жировых загрязнений и не имела коррозионных поражений. Сквозные трещины являются браковочным признаком.

Уровень 2. Средний (анализ, расчёт, применение формул) – 10 вопросов

11. Задание закрытого типа на установление соответствия

Установите соответствие между буквенным обозначением в марке стали и легирующим элементом по ГОСТ 4543-2016.

Буква в марке	Легирующий элемент
1. X	А. Никель
2. H	Б. Ванадий
3. Ф	В. Молибден
4. М	Г. Хром

Обоснование выбора: Умение расшифровывать марки сталей необходимо для работы с нормативной документацией.

Ответ:

- 1 – Г (хром)
 - 2 – А (никель)
 - 3 – Б (ванадий)
 - 4 – В (молибден).
-

12. Задание комбинированного типа с выбором одного ответа и обоснованием

Для обеспечения твердости 45...50 HRC в детали из стали 40X (ГОСТ 4543-2016) выбрана закалка с последующим низким отпуском. Какова приблизительная температура отпуска?

1. 150–200 °C
2. 350–450 °C
3. 500–600 °C
4. 650–700 °C

Обоснование выбора: Расчёт режимов термической обработки по нормативной документации является стандартной задачей материаловеда.

Ответ: 1

Обоснование: Закалка (например, с 860 °C) + низкий отпуск при 150–200 °C для стали 40X дает твердость 45...50 HRC. Высокий отпуск (500–600 °C) приводит к снижению твердости до 25...35 HRC и используется для улучшения обрабатываемости.

13. Задание открытого типа с развёрнутым ответом

На литейном участке планируется применять сплав АЛ5 (ГОСТ 1583-93). Расшифруйте марку, укажите химический состав и область применения. Каким нормативным документом следует руководствоваться при приёмке этого сплава?

Ответ (эталон):

АЛ5 – литейный алюминиевый сплав (АЛ) системы Al–Si–Cu. Химический состав (ориентировочно): 4,5–5,5 % кремния, 1,0–1,5 % меди, остальное алюминий. Применяется для изготовления фасонных отливок в машиностроении и металлургии. Нормативный документ: ГОСТ 1583-93.

14. Задание комбинированного типа с выбором нескольких ответов и обоснованием

Какие факторы влияют на величину критического интервала скоростей охлаждения при закалке стали (ГОСТ 8233-2010 «Сталь. Эталоны микроструктур»)? (выбрать все верные)

1. Химический состав стали (содержание углерода и легирующих элементов)
2. Размер и форма изделия (сечение)
3. Температура нагрева под закалку
4. Цвет покрытия
5. Вид охлаждающей среды (вода, масло, воздух)

Обоснование выбора: Понимание факторов прокаливаемости необходимо для назначения режимов термообработки по стандартам.

Ответ: 1, 2, 3, 5.

Обоснование: Критический интервал скоростей охлаждения зависит от химического состава

(углерод, легирующие элементы, неметаллические включения); от размера и формы изделия; от температуры нагрева и среды охлаждения. Цвет покрытия не влияет на внутренние фазовые превращения.

15. Задание закрытого типа на установление последовательности

Расположите структурные составляющие углеродистой стали в порядке увеличения твердости (от минимальной к максимальной):

1. Цементит
2. Феррит
3. Мартенсит
4. Перлит

Обоснование выбора: Знание структуры и свойств фаз и структурных составляющих необходимо для анализа микроструктуры по стандартам.

Ответ: Феррит → Перлит → Мартенсит → Цементит

16. Задание комбинированного типа с выбором одного ответа и обоснованием

По условиям эксплуатации требуется высокая коррозионная стойкость в серной кислоте при 60 °С и повышенная прочность. Какую сталь по ГОСТ 5632-2014 целесообразно выбрать?

1. 12X18H10T (аустенитная хромоникелевая)
2. 20X13 (мартенситная)
3. 15X25T (ферритная)
4. 10X17H13M2T (аустенитная, легированная молибденом)

Обоснование выбора: Выбор материала по агрессивной среде и условиям нагружения – стандартная задача.

Ответ: 4

Обоснование: Добавка молибдена (М) к хромоникелевой стали обеспечивает высокую стойкость в серной кислоте и фосфорной кислоте. Сталь 10X17H13M2T содержит 2 % молибдена и предназначена для особо агрессивных сред.

17. Задание открытого типа (средний уровень)

При термической обработке партии заготовок из стали 45 (ГОСТ 1050-2013) получена твердость 450 НВ, что выше требуемой (300 НВ). Предложите корректирующий режим термообработки, не меняя марку стали. Укажите температуру и среду охлаждения.

Ответ (эталон):

Высокая твердость (450 НВ) – следствие полной закалки на мартенсит при $t \sim 830\text{--}850\text{ }^{\circ}\text{C}$ в воде. Для снижения твердости до 300 НВ ($\approx 30\text{...}35\text{ HRC}$) следует заменить закалку на «нормализацию» или «улучшение»: нагрев до $820\text{--}860\text{ }^{\circ}\text{C}$, выдержка, охлаждение на спокойном воздухе. Нормализация создает структуру сорбита, имеющую твердость около 250–350 НВ. Для точного попадания в 300 НВ рекомендуется провести пробную термообработку с контролем твердости.

18. Задание на установление соответствия

Установите соответствие между типом пластмассы и её группой по горючести согласно стандартам пожарной безопасности (ГОСТ 30244-94).

Тип пластмассы

Группа горючести

1. Полиэтилен (ПЭ)

А. Г1 (слабогорючие)

2. Поливинилхлорид (ПВХ)

Б. Г4 (сильногорючие)

3. Эпоксидная смола с наполнителем

В. Г2 (умеренно горючие)

Ответ:

Полиэтилен – Б (Г4, сильногорючий)

ПВХ – А (Г1, слабогорючий, самозатухающий)

Эпоксидная смола с наполнителем – В (Г2, умеренно горючая).

19. Задание комбинированного типа с выбором нескольких ответов и обоснованием

Какие из перечисленных свойств композиционных материалов (КМ) являются определяющими при выборе для замены металлической детали в агрессивной среде? (выбрать все верные)

1. Удельная прочность ($\sigma_{\text{в}} / \rho$)
2. Коррозионная стойкость в рабочей среде
3. Цвет материала
4. Технологичность изготовления (возможность формования)

5. Теплопроводность

Обоснование выбора: Выбор композиционных материалов по ГОСТ Р и ТУ – стандартная задача.

Ответ: 1, 2, 4, 5.

Обоснование: Удельная прочность (экономия массы при замене металла); коррозионная стойкость (часто выше, чем у металлов); технологичность (КМ легко формуются в сложные профили); теплопроводность может влиять на температурный режим. Цвет не является определяющим инженерным свойством.

20. Задание открытого типа (средний уровень)

На чертеже детали указана сталь 110Г13Л (ГОСТ 977-88). Расшифруйте марку, опишите её уникальное свойство и применение. С каким стандартом совместим этот материал?

Ответ (эталон):

110Г13Л – литейная высокомарганцовистая сталь (110 – 1,1 % С, Г – марганец около 13 %, Л – литейная). Уникальное свойство – высокая износостойкость в условиях ударно-абразивного изнашивания за счет наклёпа: после закалки в воде имеет аустенитную структуру с низкой исходной твёрдостью (200...250 НВ) и высокой вязкостью, а в процессе эксплуатации под ударами упрочняется до 450...550 НВ. Применяется для брони дробилок, траков гусениц, зубьев ковшей экскаваторов и деталей мельниц. Материал совместим с ГОСТ 977-88 на отливки из стали.

Уровень 3. Высокий (комплексный анализ, синтез, доказательства) – 5 вопросов

21. Задание открытого типа с развёрнутым ответом

Разработайте алгоритм выбора материала для изготовления червячного колеса редуктора металлургического оборудования по нормативной документации. Обоснуйте выбор:

1. **Условия работы:** высокая нагрузка, скорость скольжения до 2 м/с, ограниченная смазка.
2. **Целевые свойства:** низкий коэффициент трения в паре со сталью, износостойкость, антизадирные свойства.

Какие стандарты (ГОСТ) следует использовать для выбора материала и контроля его свойств?

Ответ (эталон):

Для червячных колес в тяжелых условиях классический выбор – **оловянная бронза БрО10Ф1 (ГОСТ 613-79)**. Бронза обладает:

- Отличными антифрикционными свойствами в паре со стальным червяком
- Высокой усталостной прочностью и теплопроводностью
- Коррозионной стойкостью

Альтернатива – латунь ЛС59-1 (ГОСТ 15527-78) и антифрикционный чугун АЧС-3 (ГОСТ 1585-85).

Алгоритм выбора:

1. Определить передаваемую мощность, частоту вращения, нагрузку
 2. Запросить паспортные характеристики по ГОСТ 613-79 или другим стандартам
 3. Назначить твердость, механические свойства и вид отливки (центробежное литьё для получения мелкозернистой структуры)
 4. Контроль механических свойств по ГОСТ 1497-84
 5. Проверка антифрикционных свойств на машине трения по отраслевой методике
 6. После изготовления – ультразвуковой и вихретоковый контроль отливок
-

22. Задание комбинированного типа с выбором одного ответа и обоснованием (высокий)

Какое из следующих заключений о марке стали, её составе и свойствах является верным с точки зрения нормативных документов (ГОСТ 5632-2014)?

1. Сталь 12X18H10T: 0,12 % C, 18 % Cr, 10 % Ni, упрочняется термической обработкой.
2. Сталь 08X18H10 (без титана) более склонна к межкристаллитной коррозии.
3. Сталь 10X17H13M2T – аустенитная хромоникелевая сталь с молибденом, стойкая в кипящей серной кислоте.
4. Добавка титана повышает технологичность при сварке, но не влияет на коррозионную стойкость.

Ответ: 2

Обоснование: Сталь 08X18H10 имеет низкое содержание углерода (0,08 % C), но нестабилизирована титаном, поэтому в зоне термического влияния сварного шва может выделяться карбид хрома по границам зёрен, вызывая межкристаллитную коррозию. Стабилизация титаном (Т) связывает углерод в карбид титана, сохраняя хром в твёрдом растворе. Добавка титана критически важна для коррозионной стойкости в агрессивных средах.

23. Задание закрытого типа на установление последовательности (сложное)

Расположите этапы разработки нормативной документации (технических условий – ТУ) на новый композиционный материал в порядке утверждения (согласно системе ГОСТ Р):

1. Разработка проекта ТУ предприятием-разработчиком
2. Рассмотрение и согласование проекта с головным институтом заказчика
3. Утверждение ТУ руководителем организации-разработчика
4. Регистрация ТУ в реестре Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт)
5. Экспертиза проекта на соответствие обязательным требованиям

Ответ: 1 → 2 → 3 → 5 → 4

24. Задание комбинированного типа с выбором нескольких ответов и обоснованием (высокий)

Какие стандарты (ГОСТ) регламентируют правила назначения режимов термической обработки для конструкционной легированной стали 40Х, применяемой в металлургическом машиностроении? (выбрать все верные)

1. ГОСТ 4543-2016
2. ГОСТ 1497-84
3. ГОСТ 5632-2014
4. ГОСТ 1050-2013
5. ГОСТ 8233-2010

Обоснование выбора: Владение нормативной базой для назначения режимов термической обработки.

Ответ: 1, 2, 5.

Обоснование: ГОСТ 4543-2016 – технические условия на легированную конструкционную сталь (марка 40Х входит в этот стандарт). ГОСТ 1497-84 – методы испытаний для контроля механических свойств после термообработки. ГОСТ 8233-2010 – эталоны микроструктур для оценки качества термообработки. ГОСТ 5632-2014 относится к нержавеющей сталям, а ГОСТ 1050-2013 – к углеродистым, 40Х в него не входит.

25. Задание открытого типа (интегральное, высший уровень)

Проведите системный анализ применимости алюминиевого сплава АМг6 (ГОСТ 4784-2019) в сравнении со сталью 09Г2С (ГОСТ 19281-2014) для сварной конструкции, работающей в контакте с морской водой (слабокоррозионная среда, высокие вибрационные нагрузки при температуре –20 °С ... +30 °С).

План анализа:

1. **Характеристики сплавов** ($\sigma_{\text{в}}$, $\sigma_{\text{т}}$, δ , коррозионная стойкость) по паспортам стандартов.
2. **Технологические свойства** (свариваемость, способность к формоизменению).
3. **Экономические показатели** (стоимость металла и работ).
4. **Требования к защите от коррозии** (покрытия, катодная защита).
5. **Ожидаемый ресурс** (усталостная прочность с учётом коррозии).

Ответ (эталон):

АМг6 (алюминий – деформируемый сплав системы Al–Mg):

- $\sigma_{\text{в}} = 315\text{--}340$ МПа, $\sigma_{\text{т}} = 150$ МПа, $\delta = 20\%$, плотность $2,65$ г/см³ (лёгкий)
- Хорошая коррозионная стойкость в морской воде, не требует покрытий
- Усталостная прочность при знакопеременном изгибе ≈ 100 МПа (база 10^7 циклов)
- Сваривается в среде аргона (эффективность соединения $0,8\text{...}0,9$). Минус: низкий модуль упругости ($E = 71$ ГПа) – склонность к деформациям при вибрациях; адгезия покрытий затруднена.

09Г2С (низколегированная сталь):

- $\sigma_{\text{в}} \geq 460$ МПа, $\sigma_{\text{т}} \geq 320$ МПа, $\delta \geq 19$ %, плотность 7,85 г/см³
- Коррозионная стойкость низкая, требует защитных покрытий или применения ингибиторов
- Усталостная прочность в воздушной среде ≈ 250 МПа, в морской воде падает (ККР)
- Хорошо сваривается, эффективность соединения 0,9. Высокий модуль упругости ($E = 210$ ГПа) – устойчивость к вибрациям.

Вывод и рекомендация:

Для лёгких корпусов, не подверженных интенсивным вибрациям (например, кожухи, ёмкости) – АМг6 с аргонодуговой сваркой. Для **несущих, вибронегруженных конструкций** (рамы, основания) – **09Г2С** с комплексной защитой от коррозии (окраска по ГОСТ 9.032-74, грунтовка). Компромиссный вариант: комбинированная конструкция из стали и алюминия с переходными вставками.

Уровень 1. Базовый (проверка основных понятий) – 10 вопросов (ОПК-12)

1. Задание закрытого типа на установление соответствия

Установите соответствие между механизмом разрушения и фактором, снижающим надежность.

Механизм разрушения	Фактор снижения надежности
1. Хрупкое разрушение	А. Пластическая деформация, ползучесть
2. Усталостное разрушение	Б. Внезапное разрушение без предварительной деформации
3. Вязкое разрушение	В. Развитие трещин при циклических нагрузках
4. Коррозионное растрескивание	Г. Совместное действие коррозионной среды и растягивающих напряжений

Ответ:

- 1 – Б
- 2 – В
- 3 – А
- 4 – Г

2. Задание закрытого типа на установление последовательности

Расположите этапы обеспечения надежности стальной детали (вал редуктора) на стадии проектирования в правильной последовательности:

1. Выбор марки стали по ГОСТ 4543 (конструкционная легированная)
2. Назначение требуемых механических свойств ($\sigma_{\text{т}}$, σ_{-1})
3. Расчет напряжений и запаса прочности
4. Назначение режима термической обработки для получения заданной структуры

Ответ: 3 → 2 → 1 → 4

3. Задание комбинированного типа с выбором одного верного ответа из четырёх и обоснованием

Какой показатель конструктивной прочности наиболее полно характеризует надежность материала при работе в условиях циклических нагрузок (с учетом возможных дефектов)?

1. Предел прочности $\sigma_{\text{в}}$
2. Предел текучести $\sigma_{\text{т}}$
3. Предел выносливости σ_{-1} с учётом концентрации напряжений
4. Относительное удлинение δ

Ответ: 3

Обоснование: Предел выносливости σ_{-1} учитывает способность материала сопротивляться усталостному разрушению, а с учётом концентрации напряжений (K_{σ}) даёт оценку надежности при реальных конструктивных формах.

4. Задание открытого типа (краткий ответ)

Назовите три способа повышения усталостной прочности стали (и, следовательно, надежности детали) на стадии изготовления.

Ответ:

1. Поверхностное пластическое деформирование (наклёп, обдув дробью).
 2. Химико-термическая обработка (цементация, азотирование) для создания сжимающих остаточных напряжений.
 3. Шлифование высокого качества для снижения шероховатости и удаления дефектного слоя.
-

5. Задание комбинированного типа с выбором нескольких вариантов и обоснованием

Какие характеристики материала необходимо знать для прогнозирования ресурса детали (вала) при эксплуатации в условиях переменных нагрузок? (выбрать все)

1. Предел выносливости (σ_{-1})
2. Предел текучести (σ_T)
3. Коэффициент чувствительности к асимметрии цикла (ψ_σ)
4. Твердость по Бринеллю (HB)
5. Ударная вязкость (KCU)

Ответ: 1, 3, 5

Обоснование: Для расчёта усталостной прочности используют предел выносливости, коэффициент чувствительности к асимметрии и ударную вязкость (для оценки склонности к хрупкому разрушению). Твердость косвенно связана, но не входит в формулы.

6. Задание закрытого типа на установление соответствия

Установите соответствие между стадией жизненного цикла изделия и методом повышения надежности (материаловедческий аспект).

Стадия	Метод
1. Проектирование	А. Ультразвуковой контроль сварных швов
2. Изготовление (заготовка)	Б. Выбор коррозионностойкого сплава
3. Изготовление (обработка)	В. Назначение режимов отпуска для снятия напряжений
4. Эксплуатация	Г. Периодическая дефектоскопия

Ответ:

- 1 – Б
 - 2 – А
 - 3 – В
 - 4 – Г
-

7. Задание открытого типа (краткий ответ)

Что такое «конструкционная прочность»? Перечислите три составляющие, определяющие её.

Ответ: Конструкционная прочность – комплекс свойств материала, обеспечивающих надёжную работу детали с учётом условий нагружения, среды и технологии. Составляющие: 1) прочность (пределы текучести и прочности); 2) пластичность и вязкость; 3) чувствительность к концентраторам напряжений и коррозионной среде.

8. Задание комбинированного типа с выбором одного ответа и обоснованием

Для обеспечения высокой надёжности тяжелонагруженного вала при циклических изгибах и кручениях (сталь 40X) предпочтительной структурой после термической обработки является:

1. Мартенсит отпускаемый высокий (сорбит отпуска)
2. Мартенсит отпускаемый низкий
3. Перлит пластинчатый
4. Бейнит нижний

Ответ: 1

Обоснование: Сорбит отпуска (высокий отпуск) сочетает высокую прочность с достаточной пластичностью и вязкостью, что обеспечивает наибольший предел выносливости. Низкий отпуск приводит к хрупкости.

9. Задание закрытого типа на установление последовательности

Расположите виды термической обработки стали 45 для получения наилучшего сочетания прочности и вязкости (улучшение):

1. Высокий отпуск
2. Закалка
3. Нормализация (предварительная)
4. Низкий отпуск

Ответ: 3 → 2 → 1 (нормализация → закалка → высокий отпуск)

10. Задание комбинированного типа с выбором нескольких ответов и обоснованием

Какие методы контроля (неразрушающие) применяют на стадии изготовления для повышения надёжности сварных соединений? (выбрать все)

1. Ультразвуковая дефектоскопия
2. Магнитопорошковый контроль
3. Радиографический контроль (рентген)
4. Измерение твёрдости
5. Капиллярный контроль (пенетранты)

Ответ: 1, 2, 3, 5

Обоснование: Все названные (кроме измерения твёрдости, которое не выявляет трещины и поры) являются стандартными методами НК сварных швов по ГОСТ 3242-79.

Уровень 2. Средний (анализ, расчёт, применение формул) – 10 вопросов

11. Задание закрытого типа на установление соответствия

Установите соответствие между типом диаграммы состояния и характером сплава, обеспечивающим высокую надёжность литых деталей (например, поршней).

Тип диаграммы	Особенность сплава
1. Эвтектическая	А. Узкий интервал кристаллизации – малая ликвация
2. Твёрдый раствор с перитектикой	Б. Широкий интервал – склонность к пористости
3. Эвтектоидная	В. Применяется для сталей (пластичность после термообработки)
4. С ограниченной растворимостью	Г. Хорошая жидкотекучесть (сплавы для литья)

Ответ:

- 1 – Г (эвтектика – хорошая жидкотекучесть)
 - 2 – А (перитектика – узкий интервал)
 - 3 – В (эвтектоидная – перлитные стали)
 - 4 – Б (ограниченная растворимость – ликвация)
-

12. Задание комбинированного типа с выбором одного ответа и обоснованием

Для повышения надёжности зубчатого колеса из стали 40X (твёрдость поверхности должна быть 50...55 HRC, сердцевины 30...35 HRC) целесообразно применить:

1. Сквозную закалку + низкий отпуск
2. Цементацию + закалку + низкий отпуск
3. Азотирование
4. Закалку ТВЧ с последующим низким отпуском

Ответ: 4

Обоснование: Закалка ТВЧ (поверхностная) обеспечивает высокую твёрдость поверхности и вязкую сердцевину, что максимально повышает контактную и усталостную прочность зуба. Цементация тоже даёт твёрдую поверхность, но требует больше времени и дороже. Азотирование даёт тонкий слой.

13. Задание открытого типа с развёрнутым ответом

Рассчитайте коэффициент запаса усталостной прочности для вала (сталь 40X, $\sigma_{-1} = 400$ МПа, $K_{\sigma} = 1,6$, $\epsilon_m = 0,8$, $K_{\text{пов}} = 0,9$) при симметричном цикле изгиба с амплитудой $\sigma_a = 150$ МПа. Запас прочности $n = \sigma_{-1} \cdot \epsilon_m \cdot K_{\text{пов}} / (K_{\sigma} \cdot \sigma_a)$. Является ли он достаточным для ответственного вала (норма $[n] = 1,5$)?

Ответ:

$$\sigma_d = 400 \cdot 0,8 \cdot 0,9 / 1,6 = 400 \cdot 0,72 / 1,6 = 288 / 1,6 = 180 \text{ МПа.}$$

$$n = 180 / 150 = 1,2.$$

Запас недостаточен ($1,2 < 1,5$). Требуется увеличение диаметра вала или применение более качественной обработки поверхности.

14. Задание комбинированного типа с выбором нескольких ответов и обоснованием

Какие факторы снижают надёжность конструкции при проектировании из литейных алюминиевых сплавов (силуминов)? (выбрать все)

1. Газовая пористость
2. Широкий интервал кристаллизации
3. Высокая пластичность
4. Склонность к усадочным раковинам
5. Высокий модуль упругости

Ответ: 1, 2, 4

Обоснование: Пористость, широкий интервал кристаллизации (что ведёт к ликвации) и усадочные раковины снижают прочность и герметичность. Высокая пластичность и высокий модуль упругости – положительные свойства.

15. Задание закрытого типа на установление последовательности

Расположите этапы упрочняющей технологии (ХТО + ТО) для детали из стали 20Х, работающей на износ при ударных нагрузках (например, ось гусеницы):

1. Цементация
2. Закалка с 860°C
3. Низкий отпуск
4. Механическая обработка после ХТО

Ответ: 1 → 4 → 2 → 3

16. Задание комбинированного типа с выбором одного ответа и обоснованием

При проектировании корпуса насоса, работающего в морской воде, выбрана сталь 12Х18Н10Т. На стадии изготовления после сварки корпуса обнаружена склонность к межкристаллитной коррозии. Что необходимо сделать для повышения надёжности?

1. Провести стабилизирующий отпуск при 870–900°C
2. Повысить скорость охлаждения после сварки
3. Применить поверхностное азотирование
4. Заменить сталь на 10Х17Н13М2Т

Ответ: 1

Обоснование: Стали типа 12Х18Н10Т склонны к МКК в зоне термического влияния сварки. Стабилизирующий отпуск (нагрев до 870–900°C, выдержка, охлаждение на воздухе) снимает напряжения и связывает углерод в карбиды титана, восстанавливая стойкость.

17. Задание открытого типа (средний уровень)

Сравните надёжность (циклическую долговечность) двух материалов для шатуна двигателя: сталь 45 ($\sigma_{-1} = 240$ МПа) и ковкий чугун КЧ 30-6 ($\sigma_{-1} \approx 120$ МПа) при одинаковых нагрузках. Используйте коэффициент запаса $n = \sigma_{-1} / \sigma_a$ ($\sigma_a = 80$ МПа). Какой материал предпочтительнее и почему?

Ответ:

Для стали: $n = 240/80 = 3,0$. Для чугуна: $n = 120/80 = 1,5$. Сталь имеет двукратный запас прочности выше. Чугун также более чувствителен к концентраторам напряжений. Сталь предпочтительнее для ответственных деталей, работающих при циклических нагрузках.

18. Задание на установление соответствия

Установите соответствие между типом антифрикционного сплава и его характерной областью применения для повышения надёжности подшипников скольжения.

Сплав	Применение
1. Баббит Б83	А. Высокие нагрузки (до 50 МПа), высокие скорости
2. Бронза БрО10Ф1	Б. Средние нагрузки, коррозионная среда
3. Алюминиевый сплав АО20-1	В. Тяжёлые условия (прокатные станы)
4. Чугун АЧС-3	Г. Малые нагрузки, дешёвые подшипники

Ответ:

- 1 – В (оловянный баббит для тяжёлых нагрузок)
 - 2 – А (бронза для высоких нагрузок и скоростей)
 - 3 – Б (алюминиевый – для средней агрессивной среды)
 - 4 – Г (антифрикционный чугун для малых нагрузок)
-

19. Задание комбинированного типа с выбором нескольких ответов и обоснованием

Какие способы повышения надёжности при эксплуатации (продление ресурса) деталей из углеродистых сталей наиболее эффективны? (выбрать все)

- 1. Регулярная смазка и контроль температуры
- 2. Периодический магнитопорошковый контроль на трещины
- 3. Нанесение антикоррозионного покрытия
- 4. Замена материала на более легированный
- 5. Увеличение твёрдости за счёт термической обработки (без пересчёта прочности)

Ответ: 1, 2, 3

Обоснование: Эксплуатационные методы – смазка, контроль дефектов и защита от коррозии. Замена материала и термообработка – проектные/ремонтные мероприятия.

20. Задание открытого типа (средний уровень)

При ремонте прокатной клетки обнаружены трещины в стальной станине (сталь 35Л). Каким методом (и материалом) следует восстановить надёжность? Обоснуйте.

Ответ:

Для восстановления станины рекомендуется заварка трещин электродами с низким содержанием водорода (например, УОНИ-13/55) с предварительным подогревом до 200–250°C и последующим медленным охлаждением (отпуск). Это предотвратит образование холодных трещин и восстановит целостность. После сварки – обязательная дефектоскопия швов (УЗК или магнитопорошковый).

Уровень 3. Высокий (комплексный анализ, синтез, доказательства) – 5 вопросов

21. Задание открытого типа с развёрнутым ответом

Разработайте системную методику выбора материала для вала экструдера металлургического производства с учётом требований надёжности на стадиях проектирования, изготовления и эксплуатации. Условия: нагрев до 400°C, контакт с абразивной средой, циклический крутящий момент. Какие марки сталей (по ГОСТ) и термообработку предложите?

Ответ (эталон):

Проектирование:

- Требования: жаропрочность, износостойкость, усталостная прочность.
- Предварительный выбор: сталь 40ХН2МА (ГОСТ 4543-2016) – хромоникельмолибденовая.

Изготовление:

- Заготовка – поковка. Термообработка: улучшение (закалка + высокий отпуск) для получения сорбита отпуска, обеспечивающего $\sigma_{\text{в}} \geq 1000$ МПа, HRC 30–35, высокий предел выносливости.
- Дополнительно – азотирование рабочей поверхности для износостойкости (HRC 60–65).

Эксплуатация:

- Регулярный контроль вибрации и температуры.
- Каждые 5000 часов – неразрушающий контроль (УЗК) на наличие трещин.

Альтернатива: Сталь 38Х2МЮА (нитросталь) для глубокого азотирования без последующей закалки.

22. Задание комбинированного типа с выбором одного ответа и обоснованием (высокий)

При металлографическом анализе излом болта из стали 40Х (после длительной эксплуатации) установлен усталостный характер разрушения с зоной «ракушечного» излома. Какое мероприятие наиболее эффективно для повышения надёжности новой партии болтов на стадии изготовления?

1. Увеличить диаметр болта
2. Провести дробеструйную обработку поверхности для создания сжимающих напряжений
3. Изменить конструкцию гайки
4. Поставить шайбу

Ответ: 2

Обоснование: Дробеструйная обработка (или обдув дробью) создаёт сжимающие остаточные напряжения в поверхностном слое, что значительно повышает предел выносливости (в 1,5–2 раза). Это непосредственно адресует механизм усталостного разрушения.

23. Задание закрытого типа на установление последовательности (сложное)

Расположите этапы расчёта надёжности сварной рамы из сплава АМг6 (с учётом коррозии и усталости) согласно нормативным методам (ГОСТ 25.101-83 и др.):

1. Определение допускаемых напряжений с учётом коррозионной среды
2. Выбор коэффициента концентрации напряжений для сварного соединения
3. Расчёт циклической долговечности (по кривой усталости материала)
4. Уточнение запаса прочности по зонам шва

Ответ: 2 → 1 → 4 → 3

24. Задание комбинированного типа с выбором нескольких ответов и обоснованием (высокий)

Какие факторы необходимо учитывать при проектировании надёжного соединения «вал-ступица» (тяжёлый режим, прессовая посадка) для деталей из разнородных материалов (сталь + бронза)? (выбрать все)

1. Различие коэффициентов линейного расширения ($\Delta\alpha$)
2. Электрохимическую коррозию (гальваническую пару)
3. Пластичность бронзы (способность к релаксации напряжений)
4. Цвет покрытия
5. Твёрдость поверхности

Ответ: 1, 2, 3, 5

Обоснование: Различие $\Delta\alpha$ может вызвать ослабление натяга при нагреве; гальваническая пара ускоряет коррозию; пластичность бронзы влияет на остаточные напряжения; твёрдость влияет на износ. Цвет не влияет.

25. Задание открытого типа (интегральное, высший уровень)

Составьте алгоритм выбора и контроля материалов для ремонтной вставки (гильзы) цилиндра гидропресса с целью повышения надёжности на последующий период эксплуатации. Условия: давление 32 МПа, среда – масло, температура 80°C, износ внутренней поверхности исходной гильзы (сталь 45) составил 0,5 мм. Варианты восстановления: расточка + наплавка, расточка + запрессовка гильзы, хонингование. Обоснуйте выбор материала вставки и технологию.

Ответ (эталон):

Алгоритм:

1. Оценка остаточной толщины гильзы после расточки (не менее $1,5 \times$ расчётной).
2. Выбор материала вставки: для гидроцилиндров – сталь 45 (ГОСТ 1050) или 40Х (ГОСТ 4543) после закалки ТВЧ.
3. Выбор способа восстановления: **запрессовка гильзы** (наименьшее тепловложение, сохранение структуры).
4. Конструкция: вставка с натягом 0,05...0,10 мм по H7/u7.
5. Контроль: после запрессовки – измерение овальности ($\leq 0,02$ мм), твёрдости (HRC 45–50), затем хонингование до Ra 0,32 мкм.

Почему не наплавка? Тепловое влияние может вызвать коробление и снижение усталостной прочности.

Заключение: Запрессованная гильза из стали 45 с поверхностной закалкой обеспечивает ресурс не менее 5 лет.