

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Крюков Вадим Николаевич
Должность: Проректор по образовательной деятельности и молодежной политике
Дата подписания: 23.07.2026 17:48:16
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

**«ВОССТАНОВЛЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ
МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ»**

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:

К.т.н., доцент

(должность, степень, ученое звание)

(подпись)

Лаговская Е.В.

(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.

1. 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
ПК-4: Способен разрабатывать рабочую проектную и техническую документацию на обслуживание, ремонт и модернизацию технологического оборудования	ПК-4.1: Разрабатывает рабочую, проектную и технологическую документацию на ремонт и модернизацию технологического оборудования.

Таблица 2 – Паспорт фонда оценочных средств

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Формируемая компетенция	Наименование оценочного средства	Показатели оценки
Классификация способов восстановления. Ручная сварка и наплавка.	ПК-4	Список литературных источников по тематике, тестовые задания	Составление систематизированного списка использованных источников, решение теста
Механизированные способы наплавки.	ПК-4	Список литературных источников по тематике, тестовые задания	Составление систематизированного списка использованных источников, решение теста
Восстановление изношенных деталей гальваническими покрытиями.	ПК-4	Список литературных источников по тематике, тестовые задания	Составление систематизированного списка использованных источников, решение теста
Современные технологии восстановления (металлизация импульсно-плазменное упрочнение и др.).	ПК-4	Список литературных источников по тематике, тестовые задания	Составление систематизированного списка использованных источников, решение теста
Механическая обработка резанием восстановительных деталей.	ПК-4	Список литературных источников по тематике, тестовые задания	Составление систематизированного списка использованных источников, решение теста
Зачет	ПК-4	Решение всех тестовых заданий по темам	Решение всех тестовых заданий по темам

2. 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
<i>Промежуточная аттестация в 9 семестре в форме «Зачет»</i>				
	Тестовые задания	В течение обучения по дисциплине	от 0 до 5 баллов	Зачет/Незачет
	ИТОГО:	-	___ баллов	-

Уровень 1. Базовый (проверка основных понятий) – 10 вопросов (ПК-4)

1. Задание закрытого типа на установление соответствия

Установите соответствие между способом восстановления детали и его характерным признаком.

Способ восстановления	Признак
1. Ручная дуговая наплавка	А. Высокая производительность, роторная подача проволоки
2. Вибрационная дуговая наплавка	Б. Пульсирующая подача электрода, снижение глубины проплавления
3. Гальваническое хромирование	В. Толщина покрытия до 0,3 мм, высокая твёрдость
4. Плазменное напыление	Г. Нанесение тугоплавких материалов с малым тепловложением

Ответ:

1 – А (но ручная – не механизирована; уточним: ручная – обычный электрод, признак – универсальность. Лучше: 1 – В? Неверно. Исправим соответствия)

Корректный вариант:

Способ	Признак
1. Ручная дуговая наплавка	А. Штучный электрод, малая производительность

Способ	Признак
2. Вибрационная дуговая наплавка	Б. Электродная проволока вибрирует, малая зона термического влияния
3. Гальваническое хромирование	В. Электролиз, толщина до 0,3 мм
4. Плазменное напыление	Г. Порошок или проволока, ионизованный газ

Ответ: 1 – А, 2 – Б, 3 – В, 4 – Г

2. Задание закрытого типа на установление последовательности

Расположите операции технологического процесса восстановления детали (вал прокатного стана) наплавкой под флюсом в правильном порядке:

1. Предварительная механическая обработка (обточка для удаления дефектного слоя)
2. Наплавка
3. Дефектация и измерения износа
4. Окончательная механическая обработка (шлифование)
5. Входной контроль детали

Ответ: 5 → 3 → 1 → 2 → 4

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

Для восстановления посадочного отверстия корпуса редуктора изношенного на 0,8 мм по диаметру наиболее целесообразно применить:

1. Железнение (гальваническое наращивание)
2. Ручную наплавку с последующим растачиванием
3. Постановку ремонтной втулки
4. Электроискровую обработку

Ответ: 3

Обоснование: При износе отверстия относительно неглубоком (0,8 мм на диаметр) проще всего восстановить размер установкой ремонтной втулки, что позволяет избежать сложных наплавочных работ и термических деформаций. Гальванические покрытия такой толщины требуют многослойного осаждения и нетехнологичны.

4. Задание открытого типа (краткий ответ)

Что такое «коэффициент наплавки» и в каких единицах он измеряется? Напишите формулу связи силы тока и коэффициента наплавки для ручной дуговой сварки.

Ответ: Коэффициент наплавки – масса металла, наплавленного на деталь за 1 ампер-час (или за 1 час при токе 1 А). Единицы: г/(А·ч) или г/А·ч. Для ручной дуговой сварки приблизительная формула: $\alpha_n = (0,9 \div 1,2) \cdot I / A \cdot \text{ч}$, где I – сила тока в амперах. Реально: $\alpha_n \approx 8\text{--}12$ г/(А·ч) для ручной сварки покрытыми электродами.

5. Задание комбинированного типа с выбором нескольких вариантов и обоснованием

Какие материалы используются в качестве расходных при механизированной наплавке под флюсом? (выбрать все верные)

1. Плавленный флюс (АН-348, ОСЦ-45)
2. Сварочная проволока (Св-08Г2С, Нп-65)
3. Керамический флюс (АНК-18)
4. Штучные электроды (УОНИ-13/55)
5. Ацетилен для подогрева

Ответ: 1, 2, 3

Обоснование: При наплавке под флюсом расходными материалами являются флюс (сыпучий) и проволока (электродная). Керамические флюсы также применяются. Штучные электроды – для ручной сварки. Ацетилен – газ для газопламенной обработки, не для наплавки под флюсом.

6. Задание закрытого типа на установление соответствия

Установите соответствие между типом износа детали и рекомендуемым способом восстановления (для металлургического оборудования).

Тип износа	Рекомендуемый способ
1. Равномерный износ шейки вала (уменьшение диаметра)	А. Гальваническое хромирование
2. Локальные выкрашивания (питтинг) на зубчатом колесе	Б. Наплавка с последующей механической обработкой
3. Износ отверстия под подшипник (овальность)	В. Заварка дефектов и фрезерование
4. Износ резьбы	Г. Газопламенное напыление + расточка

Ответ:

- 1 – Б
2 – В
3 – Г (или постановка втулки, но в вариантах – Г)
4 – А (изношенную резьбу хромируют и нарезают заново)

7. Задание открытого типа (краткий ответ)

Перечислите три преимущества вибродуговой наплавки по сравнению с обычной ручной дуговой наплавкой.

Ответ:

1. Меньшая глубина проплавления основного металла (меньше термическое влияние).
2. Возможность наплавки тонких слоёв (0,5–2 мм) без опасности перегрева.
3. Пульсирующая подача электродной проволоки снижает разбрызгивание и повышает равномерность покрытия.

8. Задание комбинированного типа с выбором одного ответа и обоснованием

Какая из механических обработок применяется «после наплавки» как чистовая, обеспечивающая точность и шероховатость поверхности восстановленной детали?

1. Черновое точение
2. Шлифование (в том числе круглое наружное или внутреннее)
3. Фрезерование
4. Строгание

Ответ: 2

Обоснование: После наплавки обычно выполняют черновое точение для снятия неровностей, а затем – шлифование для достижения требуемой точности и шероховатости ($Ra\ 0,32\text{--}1,25\ \mu\text{м}$). Шлифование является чистовой операцией для тел вращения.

9. Задание закрытого типа на установление последовательности

Расположите операции технологического процесса гальванического железнения (восстановления детали типа «вал») в правильном порядке:

1. Электрическое железнение в ванне
2. Механическая обработка (шлифование)
3. Обезжиривание и травление
4. Нанесение защитного слоя (если требуется)
5. Изоляция невосстанавливаемых поверхностей

Ответ: 3 → 5 → 1 → 4 → 2

10. Задание комбинированного типа с выбором нескольких ответов и обоснованием (базовый)

Какие методы неразрушающего контроля применяют для оценки качества восстановленной детали перед окончательной обработкой? (выбрать все)

1. Капиллярный контроль (пенетранты)
2. Магнитопорошковый контроль
3. Измерение твёрдости по Роквеллу
4. Радиографический контроль (рентген)
5. Проверка на герметичность давлением 50 атм

Ответ: 1, 2, 4

Обоснование: Неразрушающие методы выявляют трещины, поры, непровары. Капиллярный и магнитопорошковый – для поверхностных дефектов, радиография – для внутренних. Измерение твёрдости – разрушающий (вдавливание индентора оставляет отпечаток, но часто относят к неразрушающему, строго говоря, микроразрушающий). Герметичность – специальный метод. В задании базового уровня примем 1,2,4 как классические.

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

11. Задание закрытого типа на установление соответствия

Установите соответствие между способом наплавки и его типичной производительностью (кг наплавленного металла в час).

Способ	Производительность, кг/ч
1. Ручная дуговая штучным электродом	А. 1–3
2. Вибрационная дуговая	Б. 0,5–1,5
3. Автоматическая под флюсом (однодуговая)	В. 5–15
4. Плазменная наплавка	Г. 2–8

Ответ:

- 1 – А (ручная – до 3 кг/ч, часто 1-2)
- 2 – Б (вибродуговая – низкая из-за малого сечения валика)
- 3 – В (автоматическая под флюсом – до 15 кг/ч)
- 4 – Г (плазменная – от 2 до 8 кг/ч)

12. Задание комбинированного типа с выбором одного ответа и обоснованием

При наплавке вала диаметром 80 мм из стали 45 (HRC 22...28) требуется получить твёрдость наплавленного слоя 50...55 HRC. Какую наплавочную проволоку следует выбрать из перечисленных?

1. Св-08А (низкоуглеродистая)
2. Нп-30ХГСА (среднеуглеродистая)

3. Нп-65 (высокоуглеродистая, 0,65% С)
4. Св-10НМА (легированная никелем и молибденом)

Ответ: 3

Обоснование: Для получения твёрдости 50–55 HRC необходимо содержание углерода не менее 0,6% и легирующих (хром, марганец). Нп-65 (0,65% С) обеспечивает после наплавки структуру мартенсита и твёрдость 55–60 HRC. Нп-30ХГСА даст ~40–45 HRC.

13. Задание открытого типа с развёрнутым ответом

Рассчитайте расход флюса (кг) при автоматической наплавке слоя толщиной 3 мм на цилиндрическую поверхность вала длиной $L=500$ мм, диаметром $d=120$ мм. Коэффициент потерь флюса 0,3 (30% идёт в отходы). Удельный расход флюса на 1 кг наплавленного металла – 0,8 кг/кг. Плотность наплавленного металла 7,8 г/см³. Напишите решение по шагам.

Ответ (эталон):

1. Объём наплавленного металла: $V = \pi \cdot d \cdot L \cdot h = 3,14 \times 12 \text{ см} \times 50 \text{ см} \times 0,3 \text{ см} = 3,14 \times 12 \times 50 \times 0,3 = 3,14 \times 180 = 565,2 \text{ см}^3$.
 2. Масса наплавленного металла: $m = \rho \cdot V = 7,8 \text{ г/см}^3 \times 565,2 \text{ см}^3 = 4408,56 \text{ г} \approx 4,409 \text{ кг}$.
 3. Теоретический расход флюса (без потерь): $m_{\text{фл_теор}} = 0,8 \text{ кг/кг} \times 4,409 \text{ кг} = 3,527 \text{ кг}$.
 4. С учётом потерь (30% потерь, значит расход в $1/(1-0,3)$ раз больше): $m_{\text{фл_реал}} = 3,527 / 0,7 = 5,038 \text{ кг}$.
- Ответ:** $\approx 5,04$ кг флюса.
-

14. Задание комбинированного типа с выбором нескольких ответов и обоснованием

Какие параметры влияют на величину присадочного металла при вибродуговой наплавке? (выбрать все)

1. Амплитуда вибрации электрода
2. Напряжение на дуге
3. Диаметр электродной проволоки
4. Скорость подачи проволоки
5. Температура окружающей среды

Ответ: 1, 2, 3, 4

Обоснование: Амплитуда вибрации влияет на частоту разрывов дуги и перенос металла. Напряжение и ток определяют тепловложение. Диаметр проволоки и скорость подачи – прямо влияют на массу расплавляемого металла. Температура среды слабо влияет.

15. Задание закрытого типа на установление последовательности

Расположите технологические операции при восстановлении чугунной втулки методом металлизации (газопламенное напыление) в правильной последовательности:

1. Механическая подготовка поверхности (нарезание резьбы, создание шероховатости)
2. Напыление порошкового материала
3. Обезжиривание и дробеструйная обработка
4. Финишная обработка (проточка или шлифование)
5. Нагрев детали до 80–100°C

Ответ: 3 → 5 → 1 → 2 → 4

16. Задание комбинированного типа с выбором одного ответа и обоснованием

Для восстановления шейки вала под подшипник качения (посадочный диаметр 60h6, износ 0,25 мм) выбрана наплавка. Какой припуск под механическую обработку (на сторону) следует назначить? Требуемая чистота Ra 1,25 мкм, точность по h6.

1. 0,3 мм
2. 1,0 мм
3. 0,5 мм
4. 2,0 мм

Ответ: 3 (0,5 мм)

Обоснование: После наплавки поверхность имеет неровности и окалину. Минимальный припуск под шлифование – 0,3...0,5 мм на сторону. При износе 0,25 мм наплавляют слой ~0,7 мм (чтобы после шлифования осталось 0,25+припуск). Но задан припуск именно под механическую обработку – обычно берут 0,5÷1,0 мм. Ближе 0,5 мм оптимально.

17. Задание открытого типа (средний уровень)

Разработайте эскиз технологии для восстановления изношенной резьбы М30×2 на конце вала (металлургического оборудования). Предложите способ, режимы, последовательность операций и перечень оборудования.

Ответ (эталон):

Способ: Гальваническое железнение или хромирование с последующим нарезанием резьбы.

Последовательность:

1. Очистка и обезжиривание.
2. Изоляция остальной поверхности вала.
3. Электролитическое наращивание железа (ток 3-5 А/дм², температура 70-80°C, до толщины 0,3-0,5 мм на сторону).
4. Шлифование по посадочному диаметру (восстановление базы).
5. Нарезание резьбы резцом или метчиком на токарном станке.
6. Контроль резьбы калибрами.

Оборудование: гальваническая ванна, источник постоянного тока, токарный станок 1К62, резьбовые резцы, штангенциркуль, резьбовые калибры.

18. Задание на установление соответствия

Установите соответствие между типом износа прокатного вала и рекомендуемым методом упрочнения/восстановления.

Тип износа	Метод
1. Сетка разгара (термическая усталость)	А. Наплавка низкоуглеродистой проволокой
2. Абразивный износ бочки	Б. Импульсно-плазменное упрочнение
3. Смятие и вмятины от наклёпа	В. Электроконтактная наплавка твёрдым сплавом
4. Глубокие трещины в рабочем слое	Г. Заварка с предварительным подогревом и последующая термообработка

Ответ:

- 1 – Б
- 2 – В
- 3 – А
- 4 – Г

19. Задание комбинированного типа с выбором нескольких ответов и обоснованием

Какие виды механической обработки используют для подготовки детали под гальваническое хромирование? (выбрать все)

- 1. Шлифование (для получения правильной геометрии)
- 2. Обезжиривание ультразвуковое
- 3. Анодное травление
- 4. Пескоструйная обработка для повышения адгезии
- 5. Термическая полировка

Ответ: 2, 3

Обоснование: Обезжиривание и анодное травление (активация поверхности) – обязательны. Шлифование обычно предшествует хромированию, но это не «подготовка под хромирование» – это предварительная мехобработка. Пескоструйка не применяется, так как ухудшает качество покрытия. Термополировка – для пластмасс.

20. Задание открытого типа (средний уровень)

Назначьте режим автоматической наплавки под флюсом для восстановления шейки вала диаметром 100 мм. Исходные данные: диаметр электродной проволоки 3 мм, марка

проволоки Нп-65, флюс АН-348. Требуемая твёрдость HRC 55. Рассчитайте силу тока (ориентировочно), напряжение, скорость наплавки (исходя из следующих зависимостей: плотность тока $j=90\ldots110$ А/мм², скорость подачи проволоки 30...60 м/ч, шаг наплавки 4 мм/об).

Ответ (эталон):

1. Площадь сечения проволоки: $S = \pi \cdot d^2/4 = 3,14 \times 9/4 = 7,07$ мм².
2. Сила тока: $I = j \cdot S$, возьмём $j=100$ А/мм² $\rightarrow I=707$ А (для проволоки 3 мм типовые токи 600–900 А).
3. Напряжение $U = 28\ldots32$ В (под флюсом).
4. Скорость наплавки: обычно 15...25 м/ч. Примем 20 м/ч.
5. Шаг наплавки (ширина валика $\approx (2,5\ldots3)d = 7,5\ldots9$ мм, шаг 4 мм/об – приемлем.

Ответ: $I \approx 700$ А, $U \approx 30$ В, $V_H \approx 20$ м/ч.

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

21. Задание открытого типа с развёрнутым ответом

Разработайте технологический маршрут восстановления изношенной направляющей станины металлургического агрегата (размер 2000×1500 мм, глубина износа до 4 мм, сталь 35Л). Имеется оборудование: наплавочная головка под флюсом, порталый фрезерный станок, шлифовальный станок. Необходимо обеспечить твёрдость поверхности 45...50 HRC. Обоснуйте выбор способа наплавки, присадочного материала, режимов термической обработки и схемы механической обработки.

Ответ (эталон):

Выбор способа: автоматическая наплавка под флюсом (многослойная) – обеспечивает высокую производительность и качество для крупногабаритных деталей.

Присадочный материал: проволока Нп-40Х13 (коррозионностойкая, твёрдость после отпуска 45-50 HRC) или Нп-30Х10Г10.

Технология:

1. Механическая обработка (фрезерование) выборки изношенного слоя на глубину 4–5 мм.
2. Подогрев детали до 250–300°C (для предотвращения трещин).
3. Наплавка: ток 600–800 А, напряжение 28–34 В, скорость наплавки 18–22 м/ч, диаметр проволоки 4 мм.
4. Многослойная наплавка с перекрытием валиков на 30%.
5. Термическая обработка: отпуск при 550–600°C для снятия напряжений (твёрдость снизится до 45 HRC).
6. Финишное шлифование направляющей с точностью 0,05 мм на 1 м.

Документация: технологическая карта (ТК), карта эскизов, операционные эскизы.

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

Какая из перечисленных технологий восстановления обеспечивает минимальные термические деформации (наименьшее тепловложение) при восстановлении прецизионной детали (например, золотник гидрораспределителя)?

1. Ручная дуговая наплавка
2. Электроконтактная приварка ленты (ЭКП)
3. Газопламенное напыление с последующим оплавлением
4. Гальваническое хромирование

Ответ: 4

Обоснование: Гальваническое хромирование проводится при комнатной температуре (20–60°C), без нагрева детали, практически без деформаций. Остальные методы сопряжены с нагревом до высоких температур (1000–3000°C) и могут вызвать коробление. Для прецизионных деталей (зазоры сотые доли мм) гальваника – предпочтительнее.

23. Задание закрытого типа на установление последовательности (сложное)

Расположите этапы разработки и утверждения технической документации на восстановление узла металлургического оборудования в соответствии с ЕСКД и требованиями ПК-4:

1. Составление карты эскизов и дефектации
2. Выдача задания на проектирование технологии восстановления
3. Утверждение технологического процесса главным инженером
4. Разработка операционных технологических карт
5. Нормирование операций (расчёт режимов, времени)
6. Дефектация и измерение износа узла

Ответ: 2 → 6 → 1 → 4 → 5 → 3

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

Какие требования к наплавленному слою для деталей металлургического оборудования, работающих при ударно-абразивном износе (например, зуба ковша экскаватора), являются наиболее критичными? (выбрать все)

1. Твёрдость не менее 55 HRC
2. Высокая ударная вязкость ($KCU \geq 40$ Дж/см²)
3. Шероховатость поверхности Ra 0,32 мкм
4. Отсутствие трещин и пор
5. Толщина слоя не менее 8 мм

Ответ: 1, 2, 4, 5

Обоснование: Для ударно-абразивного износа требуются твёрдость, вязкость и достаточная толщина, а также отсутствие дефектов. Шероховатость не критична для таких деталей.

25. Задание открытого типа (интегральное, высший уровень)

Спроектируйте комплексный документальный пакет (перечень документов) на восстановление главного привода прокатного стана (крупногабаритный вал).

Восстановление предполагает наплавку шеек под подшипники и наплавку зубчатого венца. Составьте номенклатуру технической документации в соответствии с ЕСКД, выделите обязательные разделы технологической карты. Укажите, какие разделы требуют расчёта прочности, а какие – только ссылок на стандарты.

Ответ (эталон):

Перечень документов (не менее 6):

1. Дефектовочная ведомость (обязательные замеры, эскизы).
2. Технологический маршрут восстановления (маршрутная карта по ГОСТ 3.1118).
3. Операционные технологические карты (ОТК) на каждую операцию:
 - Разборка и дефектация.
 - Наплавка шеек.
 - Наплавка зубчатого венца.
 - Механическая обработка на токарно-карусельном станке.
 - Зубофрезерование.
 - Термическая обработка (отпуск).
 - Контроль (МПД, твёрдость, геометрия).
4. Карта эскизов (приложение к ОТК).
5. Ведомость оснастки и инструментов.
6. Заключение по прочности (расчёт вала на остаточный ресурс).

Обязательные разделы технологической карты:

- Содержание операции (установить деталь...).
- Оборудование (станок, наплавочная головка).
- Приспособления.
- Инструмент (режущий, мерительный).
- Режим обработки (t , s , v , I , U).
- Технические требования (твёрдость, шероховатость).

Расчёт прочности:

- Оценка опасного сечения после наплавки (снижение предела выносливости из-за термического влияния).

- Проверка вала на кручение и изгиб по критерию усталостной прочности.

Ссылки на стандарты:

- ГОСТ 9150-81 на резьбу
- ГОСТ 2789-73 на шероховатость
- ГОСТ 4543-71 на материал вала