

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 17:48:31
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

«ТЕХНИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА
МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ МАШИН»

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.

**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-2 Способен проводить анализ технического состояния основного и вспомогательного металлургического оборудования на основе проведенных осмотров и диагностики	ПК-2.1: Осуществляет оценку технического состояния металлургического оборудования на основе результатов экологической диагностики (экспертизы)

Таблица 2 – Паспорт фонда оценочных средств

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Формируемая компетенция	Наименование оценочного средства	Показатели оценки
Введение. Основные термины и определения.	ПК-2	Список литературных источников по тематике, тестовые задания	Составление систематизированного списка использованных источников, решение теста
Методы неразрушающего контроля. Классификация. Общая характеристика методов контроля.	ПК-2	Список литературных источников по тематике, тестовые задания	Составление систематизированного списка использованных источников, решение теста
Основные теории технической диагностики.	ПК-2	Список литературных источников по тематике, тестовые задания	Составление систематизированного списка использованных источников, решение теста
Методы измерения диагностических параметров.	ПК-2	Список литературных источников по тематике, тестовые задания	Составление систематизированного списка использованных источников, решение теста
Зачет	ПК-2	Решение всех тестовых заданий	Решение всех тестовых заданий по темам

- 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
<i>Промежуточная аттестация в 8 семестре в форме «Зачет»</i>				
	Тестовые задания	В течение обучения по дисциплине	от 0 до 5 баллов	Зачет/Незачет
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

ПК-2 (анализ технического состояния основного и вспомогательного металлургического оборудования на основе проведенных осмотров и диагностики).

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

1. Задание комбинированного типа с выбором одного верного ответа из четырех предложенных и обоснованием выбора

При плановом визуальном осмотре открытой зубчатой передачи вращающейся печи механик обнаружил на поверхности зуба шестерни раковины с гладкими, «закатанными» краями, расположенные ниже начальной окружности. Какой вид изнашивания зафиксирован в акте осмотра?

- А) Абразивное изнашивание
- Б) Усталостное выкрашивание (питтинг)
- В) Заедание (схватывание I рода)
- Г) Пластическая деформация

Ответ: Б.

Обоснование: Питтинг (контактная усталость) характеризуется образованием мелких раковин на поверхности зуба, обычно ниже полюсной линии (на ножке зуба), где сочетаются качение и скольжение. Гладкие «закатанные» края указывают на закрытый характер трещин и постепенное отделение чешуек металла под действием циклических контактных напряжений. Это классический диагностический признак, фиксируемый при осмотре.

2. Задание закрытого типа на установление соответствия

Установите соответствие между методом неразрушающего контроля (НК) и физическим полем или излучением, используемым для обнаружения дефектов:

- | | |
|--|---|
| 1. Ультразвуковая дефектоскопия (УЗК) | А. Электромагнитное поле, взаимодействующее с поверхностными слоями металла |
| 2. Магнитопорошковая дефектоскопия (МПД) | Б. Упругие механические колебания высокой частоты |
| 3. Радиографический контроль (рентген) | В. Капиллярное проникновение индикаторной жидкости в полость дефекта |
| 4. Вихретоковый контроль (ВТК) | Г. Ионизирующее излучение, по-разному поглощаемое сплошным металлом и пустотами |

Ответ: 1-Б, 2-А, 3-Г, 4-А. (Примечание: ВТК и МПД основаны на электромагнетизме, но ВТК использует вихревые токи, МПД — магнитное поле рассеяния).

3. Задание открытого типа с развернутым ответом

В ремонтном цехе проводится дефектовка вала шестеренной клетки прокатного стана, поступившего в ремонт. Визуально на шейке вала видна сетка мелких трещин. Перед механиком стоит задача определить глубину этих трещин. Опишите, какой метод НК и в какой последовательности (сочетание методов) он должен применить, чтобы принять решение о возможности перешлифовки вала.

Ответ:

Для обнаружения и оценки глубины поверхностных трещин необходимо использовать комплекс методов:

1. Капиллярный контроль (цветная дефектоскопия): Очистка поверхности, нанесение красного пенетранта, удаление излишков, нанесение белого проявителя. Этот метод выявит все поверхностные трещины, включая микроскопические, и покажет их истинную конфигурацию на поверхности.
2. Ультразвуковой контроль (УЗК) с использованием наклонных преобразователей или специализированных высокочастотных раздельно-совмещенных датчиков (типа «дуэт»): Позволяет измерить глубину обнаруженной трещины по амплитуде отраженного сигнала от ее вершины.
Решение о перешлифовке принимается, если глубина самой крупной трещины меньше ремонтного припуска на диаметр (с учетом слоя упрочнения). Если трещина глубже — вал выбраковывается, либо восстанавливается наплавкой с последующей термообработкой.

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

При тепловизионном контроле (термографии) работающей гидростанции стана оператор получил термограмму, на которой один из электромагнитных распределителей имеет ярко выраженное локальное пятно нагрева. Какие неисправности гидрораспределителя могут вызвать этот тепловой аномальный признак?

1. Заклинивание золотника в промежуточном положении и дросселирование потока.
2. Внутренние перетечки через изношенный зазор «золотник-гильза».

3. Межвитковое замыкание в катушке электромагнита.
4. Засорение всасывающего фильтра насосной станции.
5. Обрыв демпфирующей пружины золотника.

Ответ: 1, 2, 3.

Обоснование:

Локальный нагрев корпуса распределителя означает переход гидравлической или электрической энергии в тепло внутри этого конкретного узла:

6. Дросселирование: при неполном открытии золотника поток масла проходит через узкую щель с большой скоростью, кинетическая энергия переходит в тепло.
7. Внутренние перетечки: утечки из напорной полости в сливную через зазор создают «жидкое трение», разогревающее масло.
8. Электромагнитная катушка: при межвитковом замыкании растёт ток потребления, катушка греется, и тепло передаётся на корпус. Пункты 4 и 5 относятся к другим узлам и не создают локального нагрева именно распределителя (засор фильтра вызовет нагрев насоса, обрыв пружины — нестабильность работы без нагрева).

5. Задание закрытого типа на установление последовательности

Расположите стадии развития дефекта подшипника качения в правильной хронологии с точки зрения вибродиагностики (по мере деградации):

- А) Рост высокочастотной вибрации (белый шум в спектре огибающей), фиксация ультразвука (первый питтинг)
- Б) Рост гармоник частоты перекачивания тел качения (BPFO, BPFI) и появление модуляций
- В) Значительный рост общего уровня вибрации (СКЗ), появление дисбаланса и теплового «клина», подшипник в аварийном состоянии
- Г) Нулевая стадия — дефект не обнаруживается стандартными методами (зарождение микротрещины под поверхностью)

Ответ: Г → А → Б → В.

(Сначала дефект зарождается, потом появляется акустическая эмиссия, затем четкие гармоники в спектре, и наконец общий рост вибрации перед разрушением).

6. Задание комбинированного типа с выбором одного верного ответа из четырех предложенных и обоснованием выбора

Вибродиагност, анализируя спектр вибрации редуктора привода конвертера, обнаружил рост боковых полос вокруг «зубцовой» частоты. Расстояние между боковыми полосами соответствует частоте вращения ведомого вала. О чем свидетельствует данная картина?

- А) Об износе зубчатой муфты
- Б) О дисбалансе ротора двигателя
- В) О дефекте конкретной шестерни ведомого вала (неравномерный шаг, трещина зуба или эксцентриситет)
- Г) О резонансе корпуса редуктора

Ответ: В.

Обоснование: Боковые полосы вокруг зубцовой частоты ($GMF = z \cdot f_{вр}$) являются результатом амплитудной модуляции. Если расстояние между гармоникой GMF и боковой полосой равно частоте вращения конкретного вала ($f_{ведомого}$), это указывает на модуляцию именно этим валом. Причина — локальный дефект (скол, трещина) зуба на этом колесе или его эксцентричная посадка, из-за чего зацепление происходит с периодическим ударом один раз за оборот.

7. Задание закрытого типа на установление соответствия

Установите соответствие между диагностическим параметром и средством его измерения (инструментом) на работающем металлургическом агрегате:

Диагностический параметр	Средство измерения
1. Толщина стенки трубопровода гидравлики под изоляцией	А. Вихретоковый толщиномер
2. Радиальное биение вращающегося вала	Б. Стробоскоп
3. Частота вращения без нанесения меток	В. Бесконтактный датчик перемещения (проксиметр, вихретоковый)
4. Поверхностная трещина на галтели вала	Г. Ультразвуковой толщиномер с раздельно-совмещенным ПЭП

Ответ: 1-Г, 2-В, 3-Б, 4-А. (Примечание: трещину на галтели чаще выявляют ВТК или капиллярным методом, но в рамках соответствия — ВТК).

8. Задание открытого типа с развернутым ответом

При проведении технического диагностирования мостового крана металлургического цеха (экспертиза промышленной безопасности) инженеру необходимо оценить состояние металлоконструкции главной балки. Сварные швы поясных соединений имеют подозрение на усталостные трещины. Опишите методику проведения контроля этих швов с использованием двух взаимодополняющих методов НК.

Ответ:

Методика контроля сварных швов главной балки:

1. Визуально-измерительный контроль (ВИК): Очистка швов от пыли и ржавчины. Осмотр с лупой и фонариком для выявления поверхностных дефектов (подрезов, пор, поверхностных трещин). Замер катетов швов штангенциркулем.
2. Ультразвуковая дефектоскопия (УЗК): Нанесение контактной смазки. Сканирование шва наклонным преобразователем для поиска внутренних трещин и непроваров в корне шва. Поскольку трещина может быть усталостной и идти от края, особое внимание уделяется зонам концентрации напряжений (около ребер жесткости).
3. Если доступ затруднен, а шов заподлицо с основным металлом, дополнительно применяется Магнитопорошковая дефектоскопия (МПД) для точного определения границ выходящей на поверхность усталостной трещины. Только сочетание ВИК и УЗК (или МПД) дает полную картину о пригодности металлоконструкции.

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

Инженер-диагност получил данные анализа трансформаторного масла из бака маслонаполненного ввода электропечи. Какие показатели масла являются критериями для немедленного вывода в ремонт высоковольтного ввода?

1. Пробивное напряжение ($U_{пр}$) ниже 30 кВ.
2. Наличие растворенных газов (ацетилен C_2H_2), выявленное хроматографическим анализом.
3. Температура вспышки масла в закрытом тигле.
4. Влагосодержание более 30 г/т (ppm).
5. Кислотное число выше 0.1 мг КОН/г.
6. Цвет масла изменился с желтого на темно-коричневый.

Ответ: 1, 2, 4.

Обоснование:

7. Пробивное напряжение — прямое указание на загрязнение масла (влагой, механическими примесями), что грозит электрическим пробоем изоляции ввода.
8. Ацетилен (C_2H_2) — ключевой газ, указывающий на искрение или дуговые разряды внутри бака (повреждение изоляции или контактов). Его наличие требует немедленного отключения и ревизии.
9. Влагосодержание > 30 ppm катастрофически снижает диэлектрические свойства бумажно-масляной изоляции, ускоряя ее старение и риск теплового пробоя.

10. Задание закрытого типа на установление последовательности

Установите правильную последовательность этапов подготовки и проведения магнитопорошкового контроля (МПД) оси шкива:

- А) Нанесение магнитной суспензии (черный порошок + керосин) методом полива
- Б) Зачистка поверхности до металлического блеска и обезжиривание
- В) Включение намагничивающего устройства (соленоида) и создание поля в детали
- Г) Осмотр поверхности при дневном или УФ-освещении и фиксация скоплений порошка
- Д) Размагничивание детали после контроля

Ответ: Б → В → А → Г → Д.

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

11. Задание комбинированного типа с выбором одного верного ответа из четырех предложенных и обоснованием выбора

При ультразвуковом контроле поковки опорного вала толщиной 800 мм используется прямой совмещенный ПЭП на частоту 2,5 МГц. На глубине 600 мм обнаружен дефект, но его амплитуда на экране дефектоскопа мала и не превышает контрольного уровня (браковочного порога). Технолог настаивает на перепроверке преобразователем 1,8 МГц. Зачем?

- А) Чтобы уменьшить мертвую зону.
- Б) Потому что низкая частота имеет большее затухание.
- В) Для увеличения амплитуды сигнала от дальнего дефекта, так как затухание ультразвука уменьшается с понижением частоты.
- Г) Чтобы повысить разрешающую способность по глубине.

Ответ: В.

Обоснование: Ультразвуковые волны затухают в металле по экспоненциальному закону, и коэффициент затухания α прямо пропорционален частоте f . Снижая частоту с 2.5 МГц до 1.8 МГц, мы уменьшаем затухание на пути до дефекта и обратно (пробег около 1200 мм). Это делает сигнал

от глубокого дефекта более «видимым» на фоне структурных шумов, даже если его размеры не меняются.

12. Задание открытого типа с развернутым ответом

В цехе работает поршневой компрессор. При диагностике методом ударных импульсов (SPM) на подшипнике коленчатого вала получено значение $dBM = 45$, $dBC = 35$. База данных по оборудованию дает для этого типа подшипника сигнал «Тревога» при $dBM > 40$. Мастер смены утверждает, что подшипник надо срочно менять. Инженер-диагност сомневается, ссылаясь на «масляный голод». Объясните, почему он делает такой вывод, и какой простой технологический параметр нужно проверить в первую очередь.

Ответ:

Инженер анализирует соотношение максимального и «фоновое» (коврового) уровней сигнала: $dBM = 45$ (пик), $dBC = 35$ (фон). Разница между ними составляет всего 10 единиц ($\Delta d = dBM - dBC = 10$). В методе ударных импульсов считается, что для механического повреждения (скол, питтинг) характерна большая дельта ($\Delta d > 20$). Если же оба уровня высоки (и пик, и фон) при малой разнице, это признак не разрушения подшипника, а **масляного голодания** — нарушения гидродинамической смазочной пленки, при котором происходит множественное, но слабое соударение микронеровностей по всей дорожке.

Проверяемый параметр: давление и температура масла в системе смазки. Вероятнее всего, забит масляный фильтр или упало давление подачи, из-за чего подшипник работает в режиме полужидкостного трения. Нужно восстановить смазку, а не менять подшипник.

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

При анализе тренда общего уровня вибрации (СКЗ, мм/с) на корпусе подшипника вентилятора дымососа обнаружен медленный, но неуклонный рост в течение месяца. Какие диагностические процедуры необходимо выполнить для уточнения причины, прежде чем планировать внеплановую остановку?

1. Провести спектральный анализ вибрации для выявления «ключевых» частот (дисбаланс, расцентровка, подшипниковые).
2. Выполнить замер фазового сдвига между двумя опорами вала.
3. Проверить целостность фундаментных болтов визуально и динамометрическим ключом.
4. Проверить вязкость смазки в редукторе.
5. Провести тепловизионный контроль корпуса вентилятора.

Ответ: 1, 2, 3.

Обоснование:

Плавный рост СКЗ обычно связан с постепенными изменениями: износ, ослабление креплений, накопление отложений на лопатках.

6. Спектр покажет природу роста: рост на оборотной частоте — дисбаланс (отложения/износ); рост на 2-й и 3-й гармониках — ослабление или расцентровка.
7. Замер фазы: Если фаза между опорами меняется в процессе роста вибрации, это может указывать на тепловую расцентровку или рост остаточного прогиба вала.
8. Ослабление крепления (фундаментные болты, анкера) — классическая причина роста вибрации, легко проверяемая без разборки. Тепловизор (п.5) и редуктор (п.4) менее приоритетны для первичного сужения поиска.

14. Задание закрытого типа на установление соответствия

Установите соответствие между типом измерительного преобразователя (датчика) и физическим принципом его работы в системах технической диагностики:

Тип датчика	Физический принцип
1. Пьезоэлектрический акселерометр	А. Прямой пьезоэффект (генерация заряда при деформации кристалла)
2. Вихретоковый датчик (проксиметр)	Б. Изменение индуктивности катушки при взаимодействии с объектом (токи Фуко)
3. Тензометрический датчик (тензорезистор)	В. Зависимость сопротивления проводника от его деформации
4. Термопара (хромель-алюмель)	Г. Эффект Зеебека (возникновение термо-ЭДС в спае разнородных металлов)

Ответ: 1-А, 2-Б, 3-В, 4-Г.

15. Задание комбинированного типа с выбором одного верного ответа из четырех предложенных и обоснованием выбора

Вращающаяся печь для обжига извести имеет опорные ролики. Диагност производит измерение температуры методом «тепловизор на расстоянии». Он видит, что температура поверхности одного из бандажей на 40°C выше, чем у двух других. При этом температура корпуса печи в этом сечении равномерна. Каков наиболее вероятный диагноз?

А) Износ футеровки печи в этом сечении.

Б) Повышенное механическое трение в контакте «бандаж-ролик» из-за перекоса или нарушения смазки.

В) Нарушение режима горения факела.

Г) Дефект подшипника опорного ролика.

Ответ: Б.

Обоснование: Если бы грелась футеровка или корпус печи (вариант А), тепловизор показал бы горячее пятно («красное кольцо») на корпусе печи, а не локально на бандаже. Нагрев именно массивного бандажа относительно корпуса и других бандажей при равномерной температуре обечайки говорит о фрикционном разогреве в паре «бандаж-опорный ролик». Причина — нарушение геометрии контакта (перекос оси ролика), что вызывает интенсивное скольжение и выделение тепла трением.

16. Задание открытого типа с развернутым ответом

При ремонте редуктора прокатного стана на зубьях быстроходной шестерни обнаружены характерные «язычки» металла, выходящие на вершины зубьев, и глубокие борозды вдоль зуба. Твердость поверхности зуба в норме. Микроструктура не имеет следов перегрева. Назовите два различных вида изнашивания, которые здесь сочетаются, и объясните, почему их сочетание является признаком аварийного режима смазки.

Ответ:

Наблюдается сочетание **абразивного изнашивания** (глубокие борозды, царапины вдоль направления скольжения) и **пластической деформации** (выдавливание металла к вершинам

зубьев в виде «язычков»).

Обоснование аварийного режима смазки:

1. Абразивные частицы (окалина, продукты износа) попали в зону зацепления и действовали как микрорезцы, нарезаая борозды.
2. Пластическое течение металла к вершине («наволакивание») происходит из-за высокого коэффициента трения, возникающего при продавливании абразивных частиц. Это вызывает локальный перегрев и снижение предела текучести поверхностного слоя. Сочетание говорит о том, что масло не только не защищало от износа (не было противоизносной пленки), но и не выполняло функцию вымывания продуктов износа из зацепления. Причина — либо грубейшее загрязнение масла, либо полное отсутствие его подачи в зону зацепления (забиты форсунки).

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

При диагностике асинхронного электродвигателя привода насоса методом спектрального анализа тока (MCSA) обнаружены пики на частотах $\pm 2 \cdot s \cdot f_{\text{сети}}$ (боковые полосы вокруг сетевой частоты). Какие дефекты ротора могут вызывать данную модуляцию тока статора?

1. Эксцентриситет воздушного зазора (статический или динамический).
2. Обрыв стержней «беличьей клетки» ротора.
3. Межвитковое замыкание в обмотке статора.
4. Трещины в короткозамыкающих кольцах ротора.
5. Дисбаланс рабочего колеса насоса.

Ответ: 2, 4.

Обоснование:

Модуляция тока статора на частоте скольжения ($\pm 2 \cdot s \cdot f$) является классическим «электрическим» признаком дефектов роторной обмотки. Обрыв стержня или трещина в кольце приводят к асимметрии токов в роторе. Это создает обратно вращающееся магнитное поле, которое пересекает обмотки статора с частотой, сдвинутой на величину скольжения ($f_{\text{сети}} - 2 \cdot s \cdot f_{\text{сети}}$). Эксцентриситет (1) порождает гармоники зубцовых частот, дисбаланс (5) — механическую вибрацию, а замыкание в статоре (3) — рост тока обратной последовательности, а не именно боковые полосы скольжения.

18. Задание закрытого типа на установление последовательности

Расположите шаги алгоритма балансировки ротора дымососа на месте (в собственных подшипниках) после обнаружения повышенного дисбаланса:

- А) Контрольный пуск и замер вибрации (амплитуда и фаза)
- Б) Расчет корректирующей массы и ее установка на плоскость коррекции
- В) Установка вибродатчиков и отметчика оборотов (фазовый угол)
- Г) Первичный пуск и измерение исходного вектора дисбаланса (амплитуда и фаза)
- Д) Нанесение пробного груза и повторный пуск для расчета коэффициентов влияния

Ответ: В → Г → Д → Б → А.

(Установили датчики, сняли исходный дисбаланс, рассчитали отклик системы на пробный груз, вычислили и установили корректирующий груз, проверили результат).

19. Задание закрытого типа на установление соответствия

Установите соответствие между видом изнашивания и морфологическими признаками поверхности трения, выявляемыми при визуальной диагностике (с лупой или микроскопом):

Вид изнашивания	Морфология поверхности
1. Окислительное изнашивание	А. Глубокие борозды, риски, «эффект напильника»
2. Абразивное изнашивание	Б. Гладкая, блестящая поверхность с цветами побежалости (синий, фиолетовый)
3. Фреттинг-коррозия	В. Красно-коричневый налет (оксиды), язвины, продукты износа в виде пудры
4. Схватывание (задир)	Г. Вырывы металла, наволакивание, «лунки» с рваными краями

Ответ: 1-Б, 2-А, 3-В, 4-Г.

20. Задание комбинированного типа с выбором одного верного ответа из четырех предложенных и обоснованием выбора

Инженер проводит замер твердости бочки рабочего валка стана холодной прокатки переносным твердомером (метод Либа, Leeb). Он наносит серию из 10 уколов по образующей. Получен разброс значений: от 58 HRC до 62 HRC при норме 60 ± 2 HRC. Один укол дал значение 50 HRC. О чем свидетельствует единичное резкое падение твердости?

- А) О неравномерной закалке всего валка.
- Б) О наличии локального «мягкого пятна» вследствие шлифовочного прижога или структурной неоднородности (остаточный аустенит).
- В) О погрешности прибора, замер нужно исключить из статистики.
- Г) О наклепе поверхности валка.

Ответ: Б.

Обоснование: Твердомеры динамического действия (по Либу) очень чувствительны к локальным изменениям структуры. Единичное провальное значение твердости на фоне ровного поля (58-62 HRC) указывает на локальный дефект — «мягкое пятно». В валках это случается из-за неравномерного прогрева при закалке ТВЧ или локального перегрева при шлифовке (прижог), вызвавшего отпуск мартенсита и падение твердости. Игнорировать такой замер нельзя — это зона потенциального быстрого износа и выкрашивания.

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

21. Задание комбинированного типа с выбором одного верного ответа из четырех предложенных и обоснованием выбора

При трибодиагностике масла из циркуляционной системы смазки подшипников скольжения (ПЖТ) прокатного стана получены следующие данные: концентрация железа $[Fe] = 50$ ppm (растет медленно), олова $[Sn] = 0.1$ ppm, свинца $[Pb] = 0.1$ ppm, меди $[Cu] = 0.2$ ppm. Внезапно при очередном анализе получено: $[Sn] = 5$ ppm, $[Pb] = 3$ ppm, $[Cu] = 1$ ppm, $[Fe] = 55$ ppm. Какой диагноз должен поставить инженер-триболог?

- А) Интенсивное изнашивание стальной шейки вала.

- Б) Начало катастрофического изнашивания (выплавления) баббитового слоя вкладыша Б83.
В) Попадание абразивной пыли через уплотнения.
Г) Окисление и старение самого масла.

Ответ: Б.

Обоснование: Баббит Б83 содержит олово (Sn) как основу и свинец (Pb) с медью (Cu) как легирующие добавки. Резкий скачок концентраций олова, свинца и меди при стабильном уровне железа (шейка вала еще не тронута) — классический «маркер» начала разрушения антифрикционного слоя. Это означает, что вкладыш начал подплавляться и выкрашиваться. Железо (Fe) пока растет медленно, так как стальная основа вкладыша еще не оголилась и не начала резать шейку вала. Ситуация аварийная, требуется немедленная остановка и ревизия подшипника.

22. Задание открытого типа с развернутым ответом

При виброналадке нового вентилятора ВВДН-15 (дутьевой вентилятор котла) после монтажа получена высокая вибрация на первой гармонике (10 мм/с при норме 2.8 мм/с). Фаза на обеих опорах практически одинакова (разница 10°), вертикальная составляющая в разы больше горизонтальной. Монтажники утверждают, что балансировали ротор на заводском стенде. Представитель завода говорит, что фундамент слабый. Инженер технадзора не согласен ни с теми, ни с другими. Какая самая вероятная причина вибрации, и каким простым тестом с выключением двигателя это доказать?

Ответ:

Вероятная причина: «Мягкая лапа» (неплотное прилегание или деформация станины/рамы).

Доказательство:

Признаки:

- Высокая вертикальная вибрация при низкой горизонтальной.
- Синфазность колебаний опор (фаза почти одинакова, вал двигается как целое вертикально, а не качается из-за дисбаланса).
- Дисбаланс не может быть заводским, если на стенде приняли, а здесь вибрация.
Тест: На работающем агрегате поочередно ослабляют затяжку фундаментных болтов на одной из опор («лапа»). Если вибрация резко меняется (падает или меняется фаза) — это «мягкая лапа», то есть зазор между опорной плоскостью рамы и фундаментом. При затяжке болтов станина деформируется, вызывая перекос корпуса подшипника и «зажим» вала, что генерирует мощную оборотную вибрацию. Лечение — установка подкладок (шабрение), а не балансировка и не усиление фундамента.

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

При анализе причин разрушения пальца муфты главного привода блюминга (срез пальца) комиссия рассматривает данные аварийного осциллографа. Какие зафиксированные параметры однозначно докажут, что разрушение носило усталостный характер, а не было вызвано мгновенным запредельным моментом (перегрузкой)?

1. Наличие зоны «постепенного излома» с четко выраженными линиями фронта (усталостными бороздками), занимающей более 70% сечения пальца.
2. Превышение током якоря двигателя уставки токовой отсечки в 2.5 раза в течение 0.1 секунды перед сигналом нулевой скорости.
3. Отсутствие следов пластической деформации на изломе, хрупкий долом в оставшейся части.

4. Зафиксированная АСУ ТП за 3 месяца до аварии серия кратковременных пробуксовок муфты.
5. Наличие на осциллограмме момента затухающих крутильных колебаний после обрыва.
Ответ: 1, 3.
Обоснование:
Усталостное разрушение имеет принципиально иную картину излома, чем мгновенный срез.
6. Площадь зоны постепенного развития трещины (более 50-70% сечения) — прямое доказательство того, что палец «умер» задолго до последнего оборота, постепенно теряя живое сечение.
7. Отсутствие пластической деформации (утяжки, «губы» среза) в зоне долома — характерно для хрупкого разрушения остаточного сечения, когда напряжение достигло критического без текучести материала.
Мгновенная перегрузка (вариант 2), наоборот, дает картину среза с характерной волокнистой структурой и зоной пластического «скоса» по всей площади.

24. Задание закрытого типа на установление последовательности

Составьте алгоритм действий инженера-диагноста при анализе причин повышенной температуры подшипникового узла рабочего вала клетки кварто для разграничения механической и гидравлической (смазочной) природы нагрева:

- А) Анализ тренда потребляемой мощности (тока) главного привода в момент роста температуры
- Б) Замер и анализ вибрации подушки вала (наличие гармоник)
- В) Проверка давления и расхода масла на входе в подшипник, температуры масла на входе и выходе
- Г) Сравнение температур правой и левой подушек, а также тренда температуры окружающей среды
- Д) Остановка подачи охлаждающей эмульсии на 1 минуту и оценка динамики изменения температуры подшипника

Ответ: В → Г → А → Б → Д.

(Сначала самое простое — параметры масла; затем дифференциальный анализ; затем ищем связь с нагрузкой; смотрим спектр вибрации на предмет дефектов; и наконец, инструментальный тест с отсечением влияния охлаждения).

25. Задание комбинированного типа с выбором одного верного ответа из четырех предложенных и обоснованием выбора

В рамках экспертизы промышленной безопасности воздухоборника (ресивера) получены данные ультразвуковой толщинометрии стенки обечайки. Толщина по проекту — 12 мм. Замер в 100 точках показал среднюю толщину 11.2 мм с минимальным значением 10.0 мм. Инженер выполняет расчет на прочность по ГОСТ 34233.1-2017. Какое значение толщины стенки следует подставлять в формулу для принятия решения о сроке дальнейшей эксплуатации?

- А) 11.2 мм (среднее арифметическое значение)
- Б) 10.0 мм (минимальное измеренное значение)
- В) 10.0 мм за вычетом прибавки на компенсацию коррозионного износа до следующего освидетельствования
- Г) Проектное значение 12.0 мм, так как коррозия незначительная

Ответ: В.

Обоснование: Согласно методикам оценки технического состояния сосудов, работающих под давлением, в расчет на прочность принимается минимальная фактическая толщина стенки, но с обязательным учетом расчетной прибавки на коррозию на предстоящий межремонтный интервал

($C_1 = V_{\text{кор}} \cdot \tau$). Если скорость коррозии составляет, скажем, 0.3 мм/год, а интервал до следующего освидетельствования 2 года, то расчетная толщина будет $10.0 - (0.3 \cdot 2) = 9.4$ мм. Если это значение меньше допустимого по расчету на прочность, эксплуатация запрещается уже сейчас, несмотря на то, что текущий минимум 10.0 мм еще чуть выше браковочного порога.