

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**

**«СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИИ
В ЦВЕТНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ»**

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

Н.В. Кармановская

(должность, степень, ученое звание)

(подпись)

(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)
ПК-3: Способен проверять техническое состояние и остаточный ресурс металлургического оборудования и организовывать профилактический осмотр и текущий ремонт	ПК-3.3: Оценивает остаточный ресурс и техническое состояние систем обеспечения экологической безопасности

Таблица 2 – Паспорт фонда оценочных средств

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Формируемая компетенция	Наименование оценочного средства	Показатели оценки
Цели и задачи экологии металлургического производства. Анализ современных проблем	ПК-2 ПК-3	Список литературных источников по тематике, тестовые задания	Составление систематизированного списка использованных источников, решение теста
Концепция и принципы экологии металлургических производств	ПК-2 ПК-3	Список литературных источников по тематике, тестовые задания	Составление систематизированного списка использованных источников, решение теста
Влияние предприятий металлургического комплекса на природные системы	ПК-2 ПК-3	Список литературных источников по тематике, тестовые задания	Составление систематизированного списка использованных источников, решение теста
Особенности технологических	ПК-2 ПК-3	Список литературных	Составление систематизированного

процессов в металлургии и оценка их экологичности		источников по тематике, тестовые задания	списка использованных источников, решение теста
Воздействия процессов добычи на окружающую среду	ПК-2 ПК-3	Список литературных источников по тематике, тестовые задания	Составление систематизированного списка использованных источников, решение теста
Воздействия процессов обогащения на окружающую среду	ПК-2 ПК-3	Список литературных источников по тематике, тестовые задания	Составление систематизированного списка использованных источников, решение теста
Воздействие металлургических процессов на окружающую среду	ПК-2 ПК-3	Список литературных источников по тематике, тестовые задания	Составление систематизированного списка использованных источников, решение теста
Экзамен	ПК-2 ПК-3	Решение всех тестовых заданий	Решение всех тестовых заданий

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 10 семестре в форме «Экзамен»</i>				
	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

ПК-2 (анализ технического состояния основного и вспомогательного металлургического оборудования на основе проведенных осмотров и диагностики — в контексте экологической безопасности и предотвращения аварийных выбросов).

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 осмотре газоходной системы медеплавильной печи «Ванюкова» инженер-эколог обнаружил участки с отложениями пыли, содержащей мышьяк и свинец. Какое техническое состояние оборудования является наиболее вероятной причиной образования этих отложений, создающих риск неорганизованных выбросов?

- А) Износ футеровки плавильной зоны
- Б) Снижение скорости газового потока ниже точки росы из-за подсоса воздуха через неплотности газоходов
- В) Перегрев водоохлаждаемых кессонов
- Г) Неисправность системы подачи кислорода в фурмы

Ответ: Б.

Обоснование: Подсос холодного атмосферного воздуха через неплотные фланцы, трещины или неисправные дроссельные клапаны газохода резко снижает температуру отходящих газов. При падении температуры ниже точки росы серной кислоты и температуры конденсации летучих соединений (As_2O_3 , PbO) происходит их конденсация на стенках в виде липких отложений («настылей»). Это прямое следствие нарушения герметичности тракта, выявляемое при осмотре.

2. Задание закрытого типа на установление соответствия

Установите соответствие между типом основного металлургического агрегата в цветной металлургии и характерным для него видом образующихся твердых отходов (при нарушении штатного режима работы оборудования):

Металлургический агрегат	Характерный твердый отход / шлам
1. Электролизная ванна (алюминий, Содерберг)	А. Мышьяксодержащие кеки от нейтрализации сточных вод
2. Печь взвешенной плавки (медь)	Б. Отработанная угольная футеровка (футеровочный лом)
3. Обжиговая печь кипящего слоя (КС)	В. Пыль циклонов и электрофильтров с высоким содержанием меди и серы

4. Сернокислотный цех
(утилизация SO₂)

Г. Огарок (недопал) с высоким содержанием
сульфидов

Ответ: 1-Б, 2-В, 3-Г, 4-А.

3. Задание открытого типа с развернутым ответом

В цехе электролиза цинка мастер заметил интенсивное выделение «кислого тумана» (аэрозоля серной кислоты) с поверхности ванн. Слесарь-ремонтник доложил, что бортовые отсосы вентиляции работают, но расход воздуха по показаниям дифманометра упал на 30%. Объясните, какую диагностику оборудования газоочистки необходимо провести в первую очередь, и почему ухудшение вентиляции ведет к коррозионному разрушению строительных конструкций цеха.

Ответ:

Падение расхода при работающих вентиляторах указывает на механическое засорение воздухопроводов или скруббера. В условиях кислотного тумана пыль и кристаллы сульфатов образуют твердые отложения (инкрустации) на стенках воздухопроводов и форсунках скрубберов. Диагностика: вскрытие смотровых люков, проверка перепада давления на скруббере (сравнение с паспортным), оценка состояния форсунок орошения.

Последствия: Кислотный туман, не уловленный отсосом, конденсируется на металлоконструкциях цеха (фермы, подкрановые балки). Серная кислота разрушает защитный слой бетона и вызывает интенсивную коррозию арматуры и стальных балок, снижая несущую способность каркаса здания.

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

На хвостохранилище обогатительной фабрики (медно-никелевые руды) произошла фильтрация оборотной воды через тело дамбы. При осмотре обнаружены «грифоны» (выходы воды) на низовом откосе. Какие технические мероприятия по диагностике состояния оборудования и гидротехнического сооружения (ГТС) необходимо выполнить?

1. Проверка работоспособности дренажной призмы и дренажных насосов.
2. Забор проб пульпы в зумпфе на входе для анализа гранулометрии.
3. Геодезический мониторинг осадок и смещений гребня дамбы.
4. Измерение уровня депрессионной кривой по пьезометрическим скважинам.
5. Анализ химического состава металла в товарном концентрате.

Ответ: 1, 3, 4.

Обоснование:

Грифоны — признак суффозии или начала размыва тела дамбы.

6. Если дренаж забит (заилен) или насосы не откачивают воду, уровень воды в теле дамбы поднимается, что ведет к фильтрации на откос.
7. Геодезический мониторинг критичен для выявления локальных просадок и горизонтальных подвижек, предшествующих оползню.
8. Пьезометры показывают положение кривой депрессии (уровня грунтовых вод) внутри дамбы. Если она приближается к низовому откосу, устойчивость дамбы падает.

5. Задание закрытого типа на установление последовательности

Расположите в порядке возрастания класса опасности (по степени воздействия на персонал и

окружающую среду при отказе оборудования) следующие события в правильном цехе:

- А) Локальный свищ в трубопроводе оборотной воды
- Б) Прогар горловины конвертера и выброс расплава
- В) Разрушение пылеулавливающего рукава в фильтре (рост выбросов пыли на 15%)
- Г) Утечка мазута из расходной емкости в поддон

Ответ: А → В → Г → Б.

(Минимальная опасность — вода; затем выбросы пыли; затем пожарная опасность; затем взрыв/авария с расплавом).

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

При диагностике электрофильтра сернокислотного цеха инженер зафиксировал снижение напряжения на коронирующих электродах и частые пробой. Визуальный осмотр выявил слой спекшейся пыли на осадительных электродах. О чем свидетельствует этот дефект с точки зрения экологической эффективности?

- А) О повышенной концентрации SO_3 в газе
- Б) О нарушении режима встряхивания электродов (механическая неисправность) и, как следствие, росте выбросов тумана серной кислоты в атмосферу
- В) О неисправности тягодутьевых машин
- Г) О нормальной работе, так как пыль всегда налипает

Ответ: Б.

Обоснование: Механизмы встряхивания (молотковые, ударные) предназначены для периодического сброса уловленной пыли в бункера. Их неисправность (заклинивание вала, износ бойков) приводит к накоплению слоя пыли на электродах. Это уменьшает межэлектродное расстояние, вызывает искрения и пробой, резко снижая степень очистки (КПД электрофильтра). В результате несанкционированно растет выброс тумана H_2SO_4 в дымовую трубу.

7. Задание закрытого типа на установление соответствия

Установите соответствие между узлом металлургического агрегата и экологическим риском, возникающим при его ненадлежащем техническом состоянии:

Узел оборудования	Экологический риск
1. Уплотнение анода электролизера (алюминий)	А. Попадание масла в оборотный цикл и водоемы
2. Водоохлаждаемые кессоны печи	Б. Выбросы фтористого водорода и смолистых веществ
3. Маслоохладители прокатного стана	В. Прорыв воды в расплав, взрыв и выброс газов
4. Футеровка миксера	Г. Тепловое загрязнение водоема-охладителя

Ответ: 1-Б, 2-В, 3-А, 4-В (или Г при перегреве).

8. Задание открытого типа с развернутым ответом

На хвостохранилище произошло разрушение пульпопровода (порыв). Опишите алгоритм

первоочередных действий дежурного персонала с точки зрения минимизации экологического ущерба и диагностики причины порыва для предотвращения повторения. Какие именно коррозионные или абразивные механизмы могли привести к аварии?

Ответ:

Алгоритм действий:

1. Немедленное отключение насосной станции подачи пульпы и перекрытие задвижек на аварийном участке.
2. Открытие аварийных емкостей (зумпфов) для приема остатка пульпы из трубы.
3. Ограждение места разлива, откачка растекшейся пульпы в дренажную канаву, недопущение попадания в природные водотоки.
4. Осмотр места разрыва: фиксация характера излома (вдоль образующей или поперек), измерение остаточной толщины стенки ультразвуковым толщиномером.
Механизмы разрушения: Абразивный износ нижней образующей трубы (истирание хвостами) плюс коррозионное растрескивание под напряжением из-за агрессивной жидкой фазы пульпы (кислотность, хлориды). Диагностика: УЗК стенок трубопровода для построения карты износа.

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

При анализе технического состояния системы оборотного водоснабжения алюминиевого завода обнаружено превышение ПДК по фторидам и алюминию в сбрасываемой воде. Какие узлы оборудования могли стать причиной проскока загрязнений?

1. Забивание сопел градирни солевыми отложениями.
2. Разрушение фильтрующей загрузки (песчаных фильтров) или выход из строя системы промывки.
3. Перегрузка шламовых площадок (прудов-отстойников), приводящая к малому времени отстаивания.
4. Увеличение расхода свежей воды на подпитку.
5. Коррозия рабочих колес оборотных насосов.

Ответ: 2, 3.

Обоснование:

6. Песчаные фильтры — последняя ступень очистки перед сбросом или возвратом. Если фильтрующий слой «пробит» (образовались каналы) или сломана система взрыхляющей промывки, взвешенные вещества и фториды проходят транзитом.
7. Пруды-отстойники должны обеспечивать расчетное время пребывания воды. Если шлам вовремя не удаляется земснарядом, полезный объем пруда падает, вода «проскакивает» без должного осветления.

10. Задание закрытого типа на установление последовательности

Расположите этапы внедрения системы производственного экологического контроля (ПЭК) за состоянием очистного оборудования:

- А) Утверждение плана-графика лабораторного контроля выбросов на источниках
- Б) Проведение инвентаризации источников выбросов и сбросов (составление карты)
- В) Разработка и утверждение Положения о ПЭК на предприятии
- Г) Оснащение газоочистных установок (ГОУ) контрольно-измерительными приборами (КИП)

Д) Анализ эффективности улавливания и принятие решения о ремонте/модернизации

Ответ: Б → Г → В → А → Д.

(Сначала знаем что и где, потом ставим датчики, потом пишем регламент, потом контролируем, потом улучшаем).

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

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

На газоочистку от дуговой сталеплавильной печи (ДСП) подается 100 000 м³/ч запыленного газа с концентрацией пыли 8 г/м³. Рукавный фильтр имеет КПД 99.5%. Чему равна масса выбросов пыли в атмосферу за 1 час (кг/ч), и какой техосмотр фильтра должен быть проведен, если фактический замер на трубе показал 60 кг/ч?

А) 40 кг/ч; проверить систему регенерации (импульсную продувку).

Б) 60 кг/ч; очистка работает в штатном режиме.

В) 400 кг/ч; заменить все рукава.

Г) 100 кг/ч; очистить бункер.

Ответ: А.

Обоснование: Теоретический выброс: $M_{\text{вх}} = 100\,000 \text{ м}^3/\text{ч} \cdot 8 \text{ г/м}^3 = 800\,000 \text{ г/ч} = 800 \text{ кг/ч}$. При КПД 99.5% выброс составит $M_{\text{вых}} = 800 \cdot (1 - 0.995) = 800 \cdot 0.005 = 4 \text{ кг/ч}$. Фактический выброс (60 кг/ч) в 15 раз выше норматива! Это означает, что КПД упал до $(800 - 60)/800 = 92.5\%$. Причина — вероятный разрыв или износ большого количества фильтровальных рукавов, либо залипание клапанов продувки. Необходима ревизия системы регенерации.

12. Задание открытого типа с развернутым ответом

В цехе подготовки шихты алюминиевого завода при осмотре газоочистной установки (циклон + скруббер) обнаружено, что эффективность циклона упала, и пыль «проскакивает» в скруббер, забивая форсунки. Инженер предполагает подсос воздуха в бункере циклона. Объясните физический механизм, почему подсос воздуха через пылевой затвор снижает эффективность пылеулавливания, и предложите метод быстрой диагностики герметичности затвора.

Ответ:

Механизм: Циклон работает за счет центробежного разделения — пыль отбрасывается к стенкам и сползает в коническую часть, откуда выгружается через пылевой затвор (мигалку). Если затвор негерметичен, через него подсасывается воздух. Восходящий поток в нижней части циклона «взмучивает» уже осевшую пыль и возвращает ее в центральный вихрь, откуда она уносится в выхлопную трубу. Эффективность падает катастрофически.

Метод диагностики: Визуальный осмотр мигалки и датчика уровня пыли в бункере. Экспресс-метод — поднести полоску тонкой бумаги к фланцу затвора при работающем циклоне; если бумагу «засасывает» внутрь — подсос воздуха подтвержден.

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

При расследовании причин взрыва в газоходе руднотермической печи (РТП) обнаружено, что газоанализатор показывал содержание СО на уровне 12%, а кислорода — 6%. Какие технические неисправности оборудования могли привести к образованию взрывоопасной смеси?

1. Неисправность системы автоматической подачи азота на дожигание.
2. Подсос воздуха через неплотности свода печи или открытые смотровые люки.

3. Забивание тракта подачи шихты в печь.
4. Отказ свечи дожигания («свеча» не горит).
5. Остановка вентилятора-дымососа.

Ответ: 2, 5.

Обоснование:

Взрыв возможен при смешении горючего газа (CO , 12%) с окислителем (O_2 , 6%).

Концентрация кислорода в нормируемом технологическом газе не должна превышать 1-2%.

6. Подсос воздуха — основной источник кислорода в газоходе. Смотровые лючки, оставленные открытыми, или трещины в своде печи засасывают атмосферный воздух.
7. Остановка дымососа (или резкое падение разрежения) приводит к отсутствию стабильного факела и проскоку воздуха из атмосферы в газоход. Смесь $\text{CO}+\text{O}_2$ взрывается при наличии источника искры.

14. Задание закрытого типа на установление соответствия

Установите соответствие между технологическим процессом в цветной металлургии и характерным загрязняющим веществом, поступающим в почву при аварийном разливе или неисправности пылеулавливания:

Процесс	Загрязнитель почвы
1. Производство глинозема (способ Байера)	А. Мышьяк и сурьма
2. Плавка медного концентрата	Б. Титан и хлор-ионы
3. Производство титановой губки (Кролл-процесс)	В. Щелочные алюминатные растворы (красный шлам)
4. Электролиз никеля	Г. Никельсодержащие анодные шламы с кобальтом

Ответ: 1-В, 2-А, 3-Б, 4-Г.

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

Инженер-эколог рассчитывает рассеивание выбросов SO_2 из трубы медеплавильного завода. Фактическая высота трубы $H = 120$ м, диаметр устья $D = 3$ м. Замеренная скорость выхода газов ($V_{\text{газ}}$) составляет 8 м/с. Однако при осмотре обнаружено разрушение внутренней футеровки трубы, сузившее проходное сечение. Как это повлияет на эффективность рассеивания (концентрацию $C_{\text{тах}}$ в приземном слое)?

- А) $C_{\text{тах}}$ уменьшится, так как скорость струи возрастет.
- Б) $C_{\text{тах}}$ не изменится, так как H и мощность выброса M постоянны.
- В) $C_{\text{тах}}$ возрастет, если при сужении из-за роста аэродинамического сопротивления снизится объем удаляемых газов, и часть дымового факела начнет выбиваться через неплотности до трубы.
- Г) $C_{\text{тах}}$ увеличится только при штиле.

Ответ: В.

Обоснование: Сужение сечения трубы увеличивает сопротивление тракта. Дымосос, работая на пределе характеристики, не сможет обеспечить проектный расход (объем газов). Это означает, что часть печных газов не будет засасываться в трубу, а начнет «парить» через аэрационные фонари цеха (неорганизованные выбросы) на малой высоте. Как следствие, концентрация в приземном слое непосредственно у завода резко возрастет.

16. Задание открытого типа с развернутым ответом

На гидрометаллургическом заводе в автоклаве для выщелачивания никеля произошло нарушение герметичности прокладки. Давление в автоклаве упало с 3.5 МПа до 1.0 МПа в течение 10 минут. Сработала аварийная сигнализация. Обоснуйте, какие экологические угрозы создает этот инцидент, и какие показания датчиков КИПиА необходимо проанализировать для оценки последствий.

Ответ:

Экологические угрозы:

1. Выброс паров серной кислоты и сероводорода (H_2S) через неплотность в атмосферу рабочей зоны и далее в окружающую среду.
2. Разлив кислой пульпы (раствора, содержащего никель, кобальт, железо) при неконтролируемом сбросе давления.
Показания КИПиА для анализа:
 - Давление и скорость падения (определение размера свища).
 - Температура (падение температуры указывает на вскипание раствора и интенсивное парообразование).
 - Газоанализаторы на площадке (концентрация H_2S , SO_2).
 - Уровень в аварийном дренажном приямке (объем вытекшей пульпы).

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

При осмотре шламовой насосной станции обнаружено, что рабочие колеса центробежных насосов имеют сильный кавитационный износ. Это приводит к частым остановкам и переполнению зумпфа. Какие экологические последствия вероятны при отказе насосной?

1. Перелив кислых шламовых вод на рельеф местности.
2. Увеличение выбросов диоксида серы в атмосферу.
3. Попадание тяжелых металлов (Cu, Ni) в грунтовые воды.
4. Тепловое загрязнение реки.
5. Загрязнение воздуха ртутью.

Ответ: 1, 3.

Обоснование:

Шламовые насосы перекачивают жидкие отходы (пульпу) в хвостохранилище. При отказе зумпф переполняется, и загрязненная кислая вода с высоким содержанием тяжелых металлов переливается через край бетонного приямка на почву (п.1). Далее, при отсутствии противофильтрационного экрана, происходит инфильтрация в грунтовые воды (п.3). Это классический сценарий аварийного загрязнения гидросферы при механической поломке насосного оборудования.

18. Задание закрытого типа на установление последовательности

Установите последовательность контроля и диагностики тракта отходящих газов от печи для выявления подсосов:

- А) Сравнение содержания O_2 в точке за печью и перед дымососом (балансовый метод)
- Б) Визуальный и тепловизионный осмотр наружной поверхности газохода (поиск местных «холодных» пятен при внутренней изоляции)
- В) Герметизация люков и фланцевых соединений
- Г) Составление акта о выявленных неплотностях и план их устранения
- Д) Проверка показаний стационарного газоанализатора на выходе из печи

Ответ: Д → А → Б → Г → В.

(Сначала смотрим штатные показания, потом считаем прирост кислорода, потом ищем дыры физически, оформляем, ремонтируем).

19. Задание закрытого типа на установление соответствия

Установите соответствие между неисправностью оборудования газоочистки и способом ее экспресс-диагностики:

Неисправность	Метод экспресс-диагностики
1. Обрыв заземления электрофильтра	А. Визуальный контроль цвета дыма (черный/желтый)
2. Прорыв фильтровального рукава	Б. Визуальный осмотр искровых разрядников и показаний киловольтметра
3. Забивание форсунок скруббера	В. Гидравлический расчет и измерение перепада давления на фильтре
4. Общее засорение фильтра	Г. Контроль давления воды перед скруббером и температуры газов после

Ответ: 1-Б, 2-А, 3-Г, 4-В.

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

На свинцовом заводе при осмотре запорной арматуры на трубопроводе серной кислоты обнаружена капельная течь через сальниковое уплотнение. Капли падают на бетонный пол. Какое экологически опасное химическое превращение происходит при контакте кислоты с бетоном ($CaCO_3$), и какой метод диагностики трубопровода следует применить?

- А) Нейтрализация с выделением водорода; провести УЗК стенок трубы.
- Б) Реакция с образованием гипса ($CaSO_4$) и разрушение бетона с обнажением арматуры; проверить кислотность дренажных вод в приемке.
- В) Полимеризация; проверить вибрацию трубы.
- Г) Никакого; проверить температуру.

Ответ: Б.

Обоснование: Серная кислота реагирует с карбонатами, входящими в состав бетона: $H_2SO_4 + CaCO_3 \rightarrow CaSO_4 \cdot 2H_2O$ (гипс) + CO_2 . Образующийся гипс имеет больший объем, чем исходный кальцит, что вызывает внутреннее напряжение и растрескивание бетона. Оголенная арматура быстро корродирует. Анализ рН дренажных вод из приемков позволит оценить масштаб утечки и спрогнозировать скорость разрушения строительных конструкций.

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 пуске после капитального ремонта установки «мокрой» газоочистки (труба Вентури) агломерационной машины обнаружено, что концентрация пыли после очистки превышает проектную в 10 раз. Давление воды в форсунках орошения соответствует норме. Температура газов на входе 80°C. Однако расход воды по расходомеру ниже проектного. Какая неисправность наиболее вероятна?

- А) Недостаточная скорость газов в горловине трубы Вентури из-за отключения дымососа.
- Б) Засорение или неправильная установка форсунок, часть из которых «залипает» или распыляет факел не навстречу потоку, что резко снижает коагуляцию частиц.
- В) Повышенная влажность атмосферного воздуха.
- Г) Поломка встряхивающего механизма.

Ответ: Б.

Обоснование: В трубе Вентури захват пыли происходит за счет столкновения частиц с каплями воды. Для этого необходимо мелкодисперсное распыление, перекрывающее все сечение горловины. Если форсунки частично забиты или ориентированы неверно (после ремонта их могли неправильно смонтировать), капли не заполняют объем, и газ проскакивает мимо водяной завесы. Давление в коллекторе при этом может быть нормальным (по манометру), но расход через каждую форсунку мал. Диагноз подтверждается разницей давления и расхода и визуальным осмотром факела распыла через смотровое окно.

22. Задание открытого типа с развернутым ответом

В цехе электролиза алюминия при плановой диагностике ошиновки и анодного хозяйства обнаружен аномальный нагрев контакта «анодный штырь — анодная шина» (перепад температуры 30°C). Объясните, как этот, казалось бы, электрический дефект связан с экологической обстановкой в цехе и выделением перфторуглеродов (ПФУ), и обоснуйте необходимость немедленного ремонта контакта.

Ответ:

Связь с экологией: Плохой электрический контакт вызывает локальный перегрев и рост падения напряжения в анодном узле. Суммарное повышение напряжения на ванне может приблизить его к критическому значению. Когда напряжение на ванне превышает потенциал разложения глинозема (~4.5 В), но концентрация глинозема низкая (из-за перегрева анода и нарушения питания), возникает так называемый «анодный эффект». При этом резко возрастает напряжение (до 30-40 В), и вместо нормальной реакции $2\text{Al}_2\text{O}_3 + 3\text{C} \rightarrow 4\text{Al} + 3\text{CO}_2$ начинается электролиз криолита с выделением перфторуглеродов CF_4 и C_2F_6 — газов с экстремально высоким потенциалом глобального потепления (ПГП в 6500–9200 раз выше CO_2). Немедленный ремонт контакта восстанавливает нормальное падение напряжения и предотвращает технологическое нарушение, ведущее к выбросу ПФУ.

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

При ремонте футеровки конвертера для файнштейна обнаружен прогар в районе цапфы. Анализ эксплуатационной документации показал, что в последние 3 месяца участились циклы «заливка-слив» с нарушением графика разогрева. Какие виды экологического ущерба мог нанести этот скрытый дефект до его обнаружения?

1. Диффузионное просачивание SO_2 через микротрещины в кожухе конвертера в атмосферу цеха.

2. Попадание расплава в систему водяного охлаждения цапфы с риском взрыва.
3. Загрязнение почвы под конвертером просыпями шлака и фанштейна.
4. Превышение ПДК по фтористому водороду.
5. Увеличение выбросов парниковых газов (CO_2).

Ответ: 1, 2.

Обоснование:

Прогар футеровки, особенно в зоне цапфы, чрезвычайно опасен.

6. Через трещиноватую футеровку горячий газ, содержащий 10-15% SO_2 , проникает к стальному кожуху. Через заклепочные швы и неплотности кожуха SO_2 выходит в цех, вызывая загазованность на рабочих местах.
7. Цапфа имеет водяное охлаждение. Если расплав (никелевый фанштейн, $t \approx 1200^\circ\text{C}$) достигнет водоохлаждаемой полости, произойдет мгновенное испарение воды со взрывом парового котла, что приведет к разрушению конвертера и катастрофическому выбросу расплава и газов.

24. Задание закрытого типа на установление последовательности

Восстановите порядок расследования причин превышения ПДК по никелю в воздухе рабочей зоны пиromеталлургического цеха:

- А) Отбор проб воздуха на рабочих местах (стационарные посты и переносные пробоотборники)
- Б) Визуальный осмотр уплотнений горловины печи, состояния аэрационных фонарей, работы вытяжной вентиляции
- В) Сопоставление протоколов замеров с данными о работе основного оборудования (загрузка, продувка, выпуск)
- Г) Проведение внеплановой ревизии газоочистного оборудования (рукавные фильтры, дымососы)
- Д) Разработка компенсирующих мероприятий (усиление аспирации, замена уплотнений)

Ответ: А → В → Б → Г → Д.

(Факты превышения, анализ технологии, ищем видимые щели, смотрим вентиляцию, чиним).

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

При оценке технического состояния хвостохранилища обнаружено, что контрольно-измерительная аппаратура (КИА) — пьезометры, датчики уровня воды, осадочные марки — частично неисправна, и их показания в течение года не записывались в журнал. Директор предприятия заявляет, что дамба «визуально устойчива». К каким правовым и экологическим последствиям может привести такая ситуация согласно Федеральному закону № 116-ФЗ «О промышленной безопасности...»?

- А) Никаких, так как визуальный осмотр является основным методом.
- Б) Административная ответственность, так как нарушен регламент мониторинга безопасности ГТС, отсутствие данных лишает возможности спрогнозировать аварию и грозит отзывом лицензии.
- В) Уголовная ответственность за загрязнение атмосферы.
- Г) Штраф только за неисправность приборов.

Ответ: Б.

Обоснование: Согласно ст. 9 ФЗ-116 и нормам Ростехнадзора, ГТС (хвостохранилище) относится к опасным производственным объектам. Для них обязателен непрерывный мониторинг с документированием показателей, характеризующих безопасность (уровень воды в прудке, положение депрессионной кривой). Визуального осмотра недостаточно. Отсутствие записей в журнале — прямое нарушение правил эксплуатации, которое влечет административное

приостановление деятельности (ст. 9.1 КоАП РФ) и делает невозможным прогнозирование размыва дамбы, что ставит под угрозу жизнь людей и окружающую среду ниже по течению.

ПК-3 (проверка технического состояния и остаточного ресурса металлургического оборудования, организация профилактического осмотра и текущего ремонта в контексте обеспечения экологической безопасности).

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

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

При составлении графика планово-предупредительных ремонтов (ППР) газоочистной установки рукавного типа начальник участка настаивает на увеличении межремонтного интервала для снижения затрат. На какой нормативный документ должен сослаться инженер-эколог, чтобы обосновать установленную периодичность замены рукавов?

- А) Правила внутреннего трудового распорядка
- Б) Паспорт газоочистной установки (ГОУ) и регламент технического обслуживания завода-изготовителя
- В) СП 20.13330.2016 «Нагрузки и воздействия»
- Г) Инструкция по охране труда для стропальщика

Ответ: Б.

Обоснование: Каждая газоочистная установка имеет паспорт (согласно ГОСТ Р 50820-95), в котором завод-изготовитель устанавливает показатели надежности, назначенный ресурс сменных элементов (рукавов) и регламентные сроки профилактических осмотров и замен. Отступление от этих сроков без согласования с разработчиком может привести к аварийному выбросу и классифицируется как нарушение правил эксплуатации оборудования.

2. Задание закрытого типа на установление соответствия

Установите соответствие между элементом природоохранного оборудования и контрольной операцией при текущем ремонте, обеспечивающей его экологическую эффективность:

Элемент оборудования	Контрольная операция при ТО
1. Циклон-пылеуловитель	А. Проверка герметичности пылевого затвора (мигалки)
2. Рукавный фильтр	Б. Осмотр целостности рукавов и работы системы импульсной регенерации
3. Скруббер (труба Вентури)	В. Очистка и проверка износа форсунок орошения

4. Электрофильтр
- Г. Контроль состояния коронирующих и осадительных электродов, проверка механизмов встряхивания

Ответ: 1-А, 2-Б, 3-В, 4-Г.

3. Задание открытого типа с развернутым ответом

При плановом профилактическом осмотре аспирационной системы дробильного отделения обогатительной фабрики слесарь обнаружил, что резиновые уплотнения на смотровых лючках воздухопроводов потрескались и частично отсутствуют. Мастер считает это незначительным дефектом. Объясните, почему этот дефект подлежит немедленному устранению именно в рамках текущего ремонта с точки зрения экологии цеха.

Ответ:

Трещины и отсутствие уплотнений на лючках приводят к неорганизованным подсосам атмосферного воздуха в воздухопроводы аспирации. Это вызывает два негативных последствия:

1. Снижение скорости воздуха в рабочих сечениях укрытий оборудования (дробилок, грохотов), из-за чего запыленный воздух перестает эффективно удаляться от источника и выбивается в рабочую зону цеха.
2. Увеличение общего объема газов, поступающих на финишную газоочистку, что ведет к перегрузке фильтров и увеличению проскока пыли в атмосферу.
Таким образом, дефект уплотнений напрямую ухудшает состояние воздушной среды на рабочих местах и увеличивает валовые выбросы пыли, поэтому он должен быть устранен в кратчайшие сроки по ведомости дефектов текущего ремонта.

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

В плавильном цехе медного завода проводится экспертиза остаточного ресурса дымовой трубы высотой 180 м. Какие дефекты, выявляемые при осмотре, являются критическими для принятия решения о выводе трубы в капитальный ремонт?

1. Отслоение и выпадение футеровочного кирпича в нижней трети ствола.
2. Трещины в несущем железобетонном стволе с раскрытием более 0.5 мм и следами проникновения конденсата.
3. Снижение концентрации SO_2 на устье по данным газоанализатора.
4. Коррозия металлических ходовых скоб и площадок.
5. Отклонение оси трубы от вертикали, превышающее нормативный допуск (крен).

Ответ: 1, 2, 5.

Обоснование:

6. Разрушение футеровки приводит к прямому контакту агрессивных газов (SO_2 , SO_3) с несущим бетонным стволом, вызывая его сульфатную коррозию и потерю прочности.
7. Сквозные трещины в бетоне — признак истощения несущей способности; через них происходит утечка газов и ускоренное старение конструкции.

8. Сверхнормативный крен создает дополнительный изгибающий момент от собственного веса и ветра, что может привести к обрушению трубы — аварии с катастрофическими экологическими последствиями.

5. Задание закрытого типа на установление последовательности

Расположите операции подготовки скруббера к текущему ремонту в правильной технологической последовательности:

- А) Отключение подачи орошающей воды и продувка системы сжатым воздухом
- Б) Составление ведомости дефектов (забитые форсунки, износ горловины)
- В) Отключение газохода от тракта с помощью шиберов и вывод агрегата из эксплуатации
- Г) Очистка внутренней поверхности от шламовых отложений и демонтаж форсунок
- Д) Выполнение ремонтных работ и опрессовка системы орошения

Ответ: В → А → Г → Б → Д.

(Сначала изолируем от газов, сбрасываем давление воды, чистим, осматриваем и пишем дефекты, ремонтируем).

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

Инженер по обслуживанию оборудования проверяет остаточный ресурс подшипников дымососа агломерационной фабрики. Вибрация в норме, температура в норме, но в смазке обнаружена металлическая стружка. Можно ли эксплуатировать дымосос до следующего ППР (через 3 месяца)?

- А) Да, если вибрация и температура в норме.
- Б) Нет, так как наличие стружки говорит о развивающемся износе, который может привести к внезапному заклиниванию и остановке отвода газов от всей технологической линии (аварийный выброс).
- В) Да, но увеличить подачу смазки.
- Г) Да, если заменить смазку.

Ответ: Б.

Обоснование: Металлическая стружка в масле — опережающий индикатор катастрофического износа тел качения или сепаратора. В отличие от вибрации и температуры, которые растут на финальной стадии, появление стружки означает, что процесс лавинообразного разрушения уже запущен. Внезапный отказ дымососа обесточит газоотвод от печей, что приведет к выбиванию дымовых газов в атмосферу цеха. Экологический риск неконтролируемого залпового выброса перевешивает производственные потери от внеплановой остановки.

7. Задание закрытого типа на установление соответствия

Установите соответствие между видом природоохранного оборудования и регламентной операцией, выполняемой при ежемесячном техническом обслуживании (ЕО):

Оборудование	Операция ЕО
1. Пылеосадительная камера	А. Визуальный контроль целостности рукавов через смотровые люки
2. Газоходы системы аспирации	Б. Проверка уровня и удаление накопленной пыли из бункеров

3. Рукавный фильтр

В. Осмотр фланцевых соединений и целостности теплоизоляции

4. Шламовый насос

Г. Контроль отсутствия посторонних шумов и течи сальников

Ответ: 1-Б, 2-В, 3-А, 4-Г.**8. Задание открытого типа с развернутым ответом**

В цехе электролиза алюминия при обходе газоочистки (сухая очистка в адсорбере) мастер заметил, что перепад давления на слое глинозема упал на 20% по сравнению с предыдущей сменой. Расход газа через реактор не изменился. Объясните, в чем может быть причина падения сопротивления, и какие действия должен предпринять персонал в рамках оперативного обслуживания для предотвращения выбросов фторидов.

Ответ:

Падение перепада давления при постоянном расходе газа указывает на образование «каналов» (прогаров) в слое сорбента (глинозема) на распределительной решетке. Газ проходит через эти каналы, не контактируя с адсорбентом, и фтористый водород не улавливается. Причина может быть в зависании глинозема в бункере или неисправности одного из дозаторов подачи свежего глинозема на слой.

Действия персонала:

1. Проверить работу системы подачи свежего глинозема, убедиться в отсутствии сводообразования в бункерах.
2. Провести механическое встряхивание или кратковременную остановку подачи для обрушения каналов и выравнивания слоя.
3. Зафиксировать инцидент в оперативном журнале для анализа остаточного ресурса газораспределительной решетки.

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

При проверке технического состояния пруда-шламонакопителя (хвостохранилища) перед паводковым периодом необходимо оценить его готовность. Какие объекты и оборудование подлежат обязательному профилактическому осмотру и проверке работоспособности?

1. Дренажные насосные станции и их резервное питание (дизель-генератор).
2. Система аварийного сброса и перепускные колодцы.
3. Пьезометрическая сеть (датчики уровня грунтовых вод в теле дамбы).
4. Состояние крепежа футеровочных плит в плавильной печи.
5. Целостность противофильтрационного экрана (геомембраны) на откосах.

Ответ: 1, 2, 3, 5.**Обоснование:**

Подготовка к паводку требует гарантированного отвода воды и контроля устойчивости.

6. Отказ дренажных насосов приведет к подъему уровня воды в прудке и переливу через гребень дамбы с ее размывом.
7. Аварийный водосброс должен быть очищен и исправлен на случай экстремальных осадков.
8. Пьезометры дают информацию о фильтрации внутри дамбы; их неработоспособность — потеря контроля над устойчивостью ГТС.
9. Повреждение экрана грозит инфильтрацией токсичной воды в подземные горизонты.

10. Задание закрытого типа на установление последовательности

Установите правильную последовательность организации текущего ремонта задвижки на трубопроводе подачи пульпы в хвостохранилище при обнаружении свища:

- А) Снятие задвижки и передача в ремонтно-механический цех (РМЦ)
- Б) Оповещение диспетчера, остановка насосной станции, перекрытие линейных задвижек
- В) Гидравлическое испытание отремонтированной задвижки на стенде
- Г) Установка задвижки на место, центровка и затяжка фланцев
- Д) Заполнение трубопровода водой, проверка на герметичность и пуск

Ответ: Б → А → В → Г → Д.

(Безопасность и остановка, демонтаж, ремонт и проверка в цехе, монтаж, опрессовка).

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

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

Для оценки остаточного ресурса улитки дымососа, перекачивающего абразивную пыль, используется формула для прогнозирования износа: $\delta_{\text{ост}} = \delta_{\text{ном}} - v_{\text{кор}} \cdot T$. За 3 года эксплуатации стенка улитки утонула с 12 мм до 9 мм. Допустимая минимальная толщина — 6 мм. Через сколько лет потребуется замена улитки, если скорость коррозионно-абразивного износа постоянна?

- А) 1 год
- Б) 3 года
- В) 4.5 года
- Г) 9 лет

Ответ: Б.

Обоснование: Фактическая скорость износа: $v = (\delta_{\text{ном}} - \delta_{\text{факт}}) / T_{\text{факт}} = (12 - 9) / 3 = 1$ мм/год. Оставшийся запас металла до браковочного значения: $\Delta = 9 \text{ мм (текущая)} - 6 \text{ мм (мин.)} = 3 \text{ мм}$. Остаточный ресурс: $T_{\text{ост}} = \Delta / v = 3 \text{ мм} / 1 \text{ мм/год} = 3 \text{ года}$.

12. Задание открытого типа с развернутым ответом

При обследовании технического состояния мокрого электрофилтра сернокислотного цеха с помощью тепловизора выявлены зоны «холодных» осадительных электродов. При этом напряжение на коронирующих электродах падает. Опишите вероятный дефект в системе промывки электродов и предложите мероприятия по текущему ремонту для восстановления экологической эффективности электрофилтра.

Ответ:

«Холодные» зоны на осадительных электродах в мокром электрофилтре указывают на забивание или неработоспособность части форсунок системы периодической или непрерывной промывки. Пленка жидкости на этих участках не образуется, уловленный туман серной кислоты и пыль не смываются, а накапливаются, образуя солевые отложения. Эти отложения снижают

электропроводность и искажают электрическое поле, вызывая пробой.
Мероприятия по текущему ремонту:

1. Демонтаж и очистка забитых форсунок или замена их на новые.
2. Промывка системы трубопроводов подачи промывочной воды (возможно наличие отложений).
3. Проверка давления в промывочном коллекторе и настройка редукционного клапана.

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

При осмотре фильтровальной установки (пресс-фильтр) для обезвоживания медного концентрата обнаружено, что влажность кека повысилась с 8% до 12%, а время фильтрации возросло. Какие элементы оборудования подлежат проверке и, возможно, замене в рамках ППР?

1. Фильтровальная ткань (на предмет износа, забивания или повреждения).
2. Гидравлическая система сжатия плит (давление в гидроцилиндре).
3. Насос подачи пульпы (производительность и напор).
4. Газоанализатор на устье трубы.
5. Радиационный пирометр на печи.

Ответ: 1, 2, 3.

Обоснование:

Влажность кека и время цикла — ключевые показатели эффективности обезвоживания.

6. Замасленная, изношенная или механически поврежденная ткань пропускает твердые частицы и не обеспечивает чистый фильтрат.
7. Недостаточное давление сжатия плит приводит к утечкам пульпы между плитами, минуя фильтр-ткань.
8. Если насос не развивает номинальное давление, скорость набора осадка падает, а остаточная влажность растет.

14. Задание закрытого типа на установление соответствия

Установите соответствие между дефектом, выявленным при диагностике вращающейся печи для обжига известняка, и его влиянием на экологические показатели:

Дефект	Экологическое последствие
1. Износ банджа и роликов, биение корпуса	А. Повышение выбросов СО из-за недожога
2. Трещины в футеровке зоны обжига	Б. Нарушение герметичности тракта, подсосы воздуха, увеличение объема дымовых газов
3. Забивание циклонов теплообменника	В. Рост выбросов пыли известняка

4. Износ торцевых уплотнений
холодного конца

Г. Локальный перегрев корпуса и рост теплового
загрязнения

Ответ: 1-Б, 2-Г, 3-А, 4-В.

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

При диагностике центробежного насоса системы оборотного водоснабжения виброанализатор показал рост вибрации на лопаточной частоте. Вода содержит абразивные частицы окалины. Какой вид износа является причиной вибрации, и какой метод ремонта продлит ресурс насоса?

А) Фреттинг-коррозия; замена подшипников.

Б) Гидроабразивный износ рабочего колеса (лопаток); наплавка износостойким сплавом или замена колеса.

В) Усталостное выкрашивание; замена вала.

Г) Кавитационный износ; установка частотного регулятора.

Ответ: Б.

Обоснование: Рост вибрации именно на лопаточной частоте ($f = n/60 \cdot z_{\text{лопаток}}$) указывает на дисбаланс рабочего колеса, вызванный неравномерным износом лопастей. Наличие абразива в воде подтверждает гидроабразивный механизм. Восстановление геометрии лопаток наплавкой с последующей механической обработкой или замена колеса на новое из износостойкого чугуна (ИЧХ) восстанавливает балансировку и ресурс.

16. Задание открытого типа с развернутым ответом

На обогатительной фабрике эксплуатируются флотационные машины. При составлении графика ППР необходимо определить периодичность замены импеллеров, которые интенсивно изнашиваются. Как инженер должен рассчитать эту периодичность, используя данные по фактическому износу (замеры толщины лопаток), чтобы не допустить падения извлечения металла и загрязнения хвостов?

Ответ:

Периодичность замены определяется на основе скорости износа:

1. По данным замеров остаточной толщины лопаток импеллера за межремонтный период (например, 3 месяца) вычисляется скорость износа $v_{\text{изн}}$ (мм/мес) = $(\delta_{\text{нач}} - \delta_{\text{кон}}) / T_{\text{межрем}}$.
2. Определяется минимально допустимая толщина лопатки $\delta_{\text{мин}}$, при которой еще обеспечивается требуемая аэрация пульпы (по технологическому регламенту или паспорту на импеллер).
3. Остаточный ресурс $T_{\text{ост}} = (\delta_{\text{тек}} - \delta_{\text{мин}}) / v_{\text{изн}}$.
Периодичность замены (межремонтный интервал) планируется так, чтобы замена происходила при достижении $\delta_{\text{мин}}$. Игнорирование износа импеллера ведет к падению выхода пенного продукта, увеличению потерь ценных металлов в хвостах и, как следствие, к дополнительной техногенной нагрузке на хвостохранилище.

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

При подготовке к зиме проводится ревизия системы аспирации и вентиляции цеха электролиза цинка. Какие проверки и регулировки должны быть выполнены для предотвращения превышения ПДК кислотного тумана в зимний период?

1. Проверка и очистка калориферов приточной вентиляции.
2. Проверка герметичности воздуховодов вытяжной вентиляции и шиберов.
3. Проверка состояния теплоизоляции наружных участков газоходов для предотвращения конденсации влаги.
4. Проверка сопротивления изоляции электродвигателей дымососов.
5. Регулировка подачи свежего воздуха для компенсации теплового подпора.

Ответ: 2, 3, 5.

Обоснование:

Зимой из-за разности температур наружного воздуха и газов в вытяжном тракте усиливается естественная тяга и риск конденсации.

6. Неплотности воздуховодов в зимний период приводят к еще большему подосу холодного воздуха, снижению температуры точки росы и выпадению кислотного конденсата.
7. Разрушение теплоизоляции на газоходах вызывает интенсивную конденсацию тумана H_2SO_4 на стенках, коррозию и вторичный унос капель.
8. Приточная вентиляция должна подавать строго дозированный объем воздуха, чтобы не «опрокинуть» разрежение в укрытиях ванн.

18. Задание закрытого типа на установление последовательности

Восстановите алгоритм действий начальника смены при срабатывании датчика загазованности CO в отделении обжига никелевого концентрата:

- А) Организация эвакуации персонала из загазованной зоны и выставление постов
- Б) Локализация утечки (перекрытие газоходов, включение аварийной вентиляции)
- В) Доклад диспетчеру и руководству цеха об аварийной ситуации
- Г) Получение сигнала от газоанализатора о превышении ПДК CO (20 мг/м^3)
- Д) Работа газоспасательной службы по поиску источника утечки и отбор проб

Ответ: Г → В → А → Б → Д.

(Сигнал, доклад, безопасность людей, попытка перекрыть, расследование).

19. Задание закрытого типа на установление соответствия

Установите соответствие между методом неразрушающего контроля (НК) и элементом оборудования, остаточный ресурс которого оценивается этим методом в рамках продления срока службы:

Метод НК	Объект диагностики
1. Ультразвуковая толщинометрия (УЗТ)	А. Состояние футеровки плавильной печи (толщина слоя)
2. Тепловизионный контроль (термография)	Б. Стенки трубопроводов серной кислоты (остаточная толщина металла)
3. Лазерное сканирование (3D)	В. Геометрия (крен и износ) гребня дамбы хвостохранилища

4. Капиллярная дефектоскопия

Г. Выходящие на поверхность трещины в сварных швах корпуса автоклава

Ответ: 1-Б, 2-А, 3-В, 4-Г.

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

По истечении 15 лет эксплуатации проводится освидетельствование резервуара для хранения жидкого хлора на титановом производстве. Толщина стенки по УЗТ уменьшилась с 10 мм до 8 мм. Нормативный документ требует запаса толщины не менее 6 мм. Каков критерий для принятия решения о ремонте?

А) Ремонт не требуется, так как $8 \text{ мм} > 6 \text{ мм}$.

Б) Требуется расчет скорости коррозии и определение срока следующего освидетельствования; если прогнозируемая толщина через 2 года будет менее 6 мм — вывод в ремонт сейчас.

В) Немедленный ремонт, так как срок службы истек.

Г) Зачистка и покраска.

Ответ: Б.

Обоснование: Согласно правилам промышленной безопасности (ФНП по сосудам), решение принимается на основе прогноза. Вычисляется скорость коррозии: $v = (10 - 8) / 15 = 0.133$ мм/год. При следующем плановом освидетельствовании через 2 года прогнозная толщина составит $8 - 2 \cdot 0.133 = 7.73$ мм, что > 6 мм. Однако, если бы скорость была выше, ремонт (наплавка, усиление) потребовался бы немедленно, несмотря на текущий запас в 2 мм.

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

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

Начальник цеха просит увеличить межремонтный период для рукавного фильтра аспирации ферросплавной печи с 6 до 12 месяцев, ссылаясь на высокую цену импортных рукавов. Инженер ППР против, мотивируя тем, что остаточная запыленность газов измеряется только раз в квартал. Какое техническое решение позволит объективно обосновать продление интервала без риска штрафов за выбросы?

А) Визуально проверять рукава раз в месяц.

Б) Установить стационарный пылемер (трибоэлектрический датчик) на выходе фильтра, данные которого в реальном времени интегрируются в АСУ ТП.

В) Снизить скорость фильтрации за счет открытия байпаса.

Г) Ориентироваться на рост перепада давления на фильтре, так как он точно коррелирует с износом.

Ответ: Б.

Обоснование: Продление интервала замены рукавов возможно только при доказательстве сохранения проектной эффективности пылеулавливания в непрерывном режиме. Эпизодических замеров раз в квартал недостаточно, так как пиковый износ может случиться в межконтрольный период. Установка on-line датчика запыленности обеспечивает непрерывный мониторинг и позволяет автоматически аварийно остановить оборудование при прорыве рукава, что снимает

экологический риск. Рост перепада давления (вариант Г) часто говорит о забивании, а не об износе и не дает гарантии низкого проскока пыли.

22. Задание открытого типа с развернутым ответом

На заводе по производству алюминия планируется капитальный ремонт газоочистки «сухого» типа (адсорбер + рукавный фильтр). Необходимо составить программу оценки технического состояния и дефектовки. Какие узлы должны быть подвергнуты инструментальной диагностике для расчета остаточного ресурса и обоснования сметы на замену оборудования? Опишите не менее 5 ключевых точек контроля.

Ответ:

Программа дефектовки:

1. Трубные решетки и опорные конструкции рукавов: ультразвуковая толщинометрия для выявления коррозионного утонения, особенно в зоне контакта с кислыми газами.
2. Корпус фильтра и газоходы: тепловизионный контроль для поиска зон сквозной коррозии и подсосов воздуха (увлажнение глинозема).
3. Импульсные клапана продувки: пневмоаудит (время срабатывания, герметичность мембран). Износ клапанов — основная причина плохой регенерации рукавов и перерасхода сжатого воздуха.
4. Реактор-адсорбер (труба Вентури или кипящий слой): замер износа горловины (шаблонами) и состояния распределительных решеток.
5. Дозирующие устройства подачи свежего глинозема: проверка точности дозирования и механического износа шнеков или роторных питателей.
6. Металлоконструкции бункеров и опор: проверка вертикальности и коррозионного износа несущих балок.

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

При анализе эффективности оборотного цикла водоснабжения медеплавильного завода обнаружено, что фактические потери воды на испарение и унос с градирни на 30% превышают проектные. Инженер по эксплуатации должен найти причину. Какие технические дефекты градирни могли привести к этому?

1. Разрушение или забивание оросителей (блоков), нарушающее равномерность распределения воды и воздуха.
2. Неисправность электролизеров ванн.
3. Отказ каплеотделителей (жалюзийных решеток) на выходе из градирни.
4. Повышенный расход воды на подпитку.
5. Чрезмерная производительность вентиляторов градирни, не соответствующая гидравлической нагрузке.

Ответ: 1, 3, 5.

Обоснование:

6. Оросители должны создавать развитую поверхность контакта воды и воздуха. Если они разрушены (сломаны, выпали) или забиты солями жесткости, вода не дробится в пленку, а проваливается струями, что резко ухудшает охлаждение и увеличивает брызгоунос.

7. Каплеотделители — единственная преграда, улавливающая мелкие капли, уносимые потоком воздуха. Их коррозия, деформация или забивание отложениями ведут к прямому выбросу капель в атмосферу (потери воды).
8. Если вентиляторы работают на максимальных оборотах при малой гидравлической нагрузке, скорость воздуха в сечении градирни становится запредельной, и капельный унос резко возрастает.

24. Задание закрытого типа на установление последовательности

Установите последовательность действий при продлении срока службы икорпусного оборудования (автоклава) после исчерпания паркового ресурса:

- А) Проведение технического диагностирования (ТД) силами аккредитованной лаборатории
- Б) Расчет на прочность по фактическим размерам (с учетом коррозии) и уточненный расчет остаточного ресурса (по скорости коррозии и числу циклов нагружения)
- В) Подача заявления в территориальный орган Ростехнадзора о готовности к экспертизе промышленной безопасности
- Г) Устранение дефектов, выявленных при ТД, и повторный контроль
- Д) Получение положительного заключения экспертизы промышленной безопасности и разрешения на эксплуатацию

Ответ: А → Б → Г → В → Д.

(Сначала продиагностировали, посчитали, исправили, сдали РТН, получили разрешение).

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

При анализе причин преждевременного износа валов шламовых насосов (выход из строя через 2 месяца при гарантии 12) установлено, что среда — кислая пульпа ($\text{pH}=2$) с абразивом. Вал защищен сальниковым уплотнением. Инженер по ремонту предлагает заменить материал вала на более дорогую дуплексную сталь. Инженер-технолог предлагает модернизировать узел уплотнения, применив торцевое уплотнение с подводом чистой воды. Какое решение более правильно с точки зрения стратегии ТОиР и почему?

- А) Заменить материал вала, так как это проще.
- Б) Модернизировать уплотнение с организацией подвода затворной воды, так как это устраняет первопричину (контакт агрессивной среды с валом) и защищает более дорогостоящий корпус.
- В) Ничего не менять, а сократить межремонтный интервал.
- Г) Увеличить pH пульпы добавлением извести.

Ответ: Б.

Обоснование: Замена материала вала (вариант А) — это борьба со следствием, а не с причиной. Даже дуплексная сталь будет изнашиваться, если абразивные частицы непрерывно проникают в зазор и работают как абразивная паста. Модернизация уплотнения с подачей затворной воды создает гидравлический затвор — чистая вода под давлением отсекает абразивную пульпу от вала и подшипникового узла. Это кардинально снижает износ, повышает межремонтный интервал и надежность насоса, что полностью соответствует философии проактивного ТОиР (обслуживание по надежности).

