

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**

**«СИСТЕМЫ ПЫЛЕ-ГАЗООЧИСТКИ В  
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

(должность, степень, ученое звание)

(подпись)

Е.В. Лаговская

(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-2:<br>Способен проводить анализ технического состояния основного и вспомогательного металлургического оборудования на основе проведенных осмотров и диагностики | ПК-2.1:<br>Осуществляет оценку технического состояния металлургического оборудования на основе результатов экологической диагностики (экспертизы) |
| ПК-3:<br>Способен проверять техническое состояние и остаточный ресурс металлургического оборудования и организовывать профилактический осмотр и текущий ремонт     | ПК-3.2:<br>Проводит осмотр и ремонт металлургических машин с гидро- и пневмоприводом                                                              |
|                                                                                                                                                                    | ПК-3.3:<br>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                                                                |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|--------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|
| Характеристика основных источников загрязнения атмосферы и методов борьбы с вредными газовыми выбросами | ПК-2<br>ПК-3            | Список литературных источников по тематике, тестовые задания | Составление систематизированного списка использованных источников, решение теста |
| Характеристика, свойства промышленных пылей, золы энергетических углей и сланцев                        | ПК-2<br>ПК-3            | Список литературных источников по тематике, тестовые задания | Составление систематизированного списка использованных источников, решение теста |
| Оценка эффективности пылеулавливания                                                                    | ПК-2<br>ПК-3            | Список литературных источников по тематике, тестовые задания | Составление систематизированного списка использованных источников, решение теста |
| Пылеосадительные камеры                                                                                 | ПК-2<br>ПК-3            | Список литературных источников по тематике, тестовые задания | Составление систематизированного списка использованных источников, решение теста |
| Инерционные пылеуловители                                                                               | ПК-2<br>ПК-3            | Список литературных источников по                            | Составление систематизированного списка использованных                           |

|                                         |              |                                                                             |                                                                                           |
|-----------------------------------------|--------------|-----------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                         |              | тематике,<br>тестовые<br>задания                                            | источников, решение теста                                                                 |
| Ротационные<br>пылеуловители            | ПК-2<br>ПК-3 | Список<br>литературных<br>источников по<br>тематике,<br>тестовые<br>задания | Составление<br>систематизированного<br>списка использованных<br>источников, решение теста |
| Центробежные<br>пылеуловители           | ПК-2<br>ПК-3 | Список<br>литературных<br>источников по<br>тематике,<br>тестовые<br>задания | Составление<br>систематизированного<br>списка использованных<br>источников, решение теста |
| Фильтрующие<br>пылеуловители            | ПК-2<br>ПК-3 | Список<br>литературных<br>источников по<br>тематике,<br>тестовые<br>задания | Составление<br>систематизированного<br>списка использованных<br>источников, решение теста |
| Электрофильтры                          | ПК-2<br>ПК-3 | Список<br>литературных<br>источников по<br>тематике,<br>тестовые<br>задания | Составление<br>систематизированного<br>списка использованных<br>источников, решение теста |
| Полые газопромыватели                   | ПК-2<br>ПК-3 | Список<br>литературных<br>источников по<br>тематике,<br>тестовые<br>задания | Составление<br>систематизированного<br>списка использованных<br>источников, решение теста |
| Насадочные<br>газопромыватели           | ПК-2<br>ПК-3 | Список<br>литературных<br>источников по<br>тематике,<br>тестовые<br>задания | Составление<br>систематизированного<br>списка использованных<br>источников, решение теста |
| Тарельчатые (пенные)<br>газопромыватели | ПК-2<br>ПК-3 | Список<br>литературных<br>источников по<br>тематике,<br>тестовые<br>задания | Составление<br>систематизированного<br>списка использованных<br>источников, решение теста |
| Ударно-инерционные<br>газопромыватели   | ПК-2<br>ПК-3 | Список<br>литературных<br>источников по<br>тематике,                        | Составление<br>систематизированного<br>списка использованных<br>источников, решение теста |

|                                                                                      |              |                                                              |                                                                                  |
|--------------------------------------------------------------------------------------|--------------|--------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                      |              | тестовые задания                                             |                                                                                  |
| Центробежные газопромыватели                                                         | ПК-2<br>ПК-3 | Список литературных источников по тематике, тестовые задания | Составление систематизированного списка использованных источников, решение теста |
| Динамические газопромыватели                                                         | ПК-2<br>ПК-3 | Список литературных источников по тематике, тестовые задания | Составление систематизированного списка использованных источников, решение теста |
| Оборудование для очистки газов абсорбционным, каталитическим и термическими методами | ПК-2<br>ПК-3 | Список литературных источников по тематике, тестовые задания | Составление систематизированного списка использованных источников, решение теста |
| Расчет выбросов вредных веществ, поступающих в атмосферу из газового оборудование    | ПК-2<br>ПК-3 | Список литературных источников по тематике, тестовые задания | Составление систематизированного списка использованных источников, решение теста |
| Экзамен                                                                              | ПК-2<br>ПК-3 | 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<br>оценочного средства | Сроки<br>выполнения              | Шкала<br>оценивания | Критерии<br>оценивания |
|-----------------------------------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------|---------------------|------------------------|
| <b>Промежуточная аттестация в 10 семестре в форме «Экзамен»</b> |                                     |                                  |                     |                        |
|                                                                 | 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).

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

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

При осмотре системы аспирации дробильного отделения обогатительной фабрики инженер обнаружил, что в пылеосадительной камере скопилось большое количество пыли, которая не ссыпается в бункер. Какой конструктивный параметр камеры был нарушен при ее проектировании или эксплуатации, что привело к зависанию пыли?

- А) Слишком высокая скорость газа в камере
- Б) Недостаточный угол наклона стенок бункера (менее угла естественного откоса пыли)
- В) Избыточное давление газа
- Г) Повышенная влажность в цехе

**Ответ:** Б.

**Обоснование:** Пылеосадительные камеры работают за счет гравитационного осаждения. Чтобы осевшая пыль ссыпалась в бункер, угол наклона стенок бункера должен быть больше угла естественного откоса данного вида пыли (обычно 55–65°). Если угол меньше, пыль задерживается на стенках, накапливается и перекрывает живое сечение камеры, что может привести к вторичному уносу. Это конструктивный или эксплуатационный дефект, выявляемый при визуальном осмотре.

#### 2. Задание закрытого типа на установление соответствия

Установите соответствие между типом пылеулавливающего аппарата и основным физическим механизмом отделения частиц от газового потока:

| Тип аппарата                | Механизм улавливания                                                    |
|-----------------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| 1. Циклон                   | А. Инерционное осаждение на волокнах или зернистом слое                 |
| 2. Электрофильтр            | Б. Центробежная сила                                                    |
| 3. Рукавный фильтр          | В. Фильтрация через пористую перегородку (ткань)                        |
| 4. Скруббер Вентури         | Г. Коагуляция частиц с каплями воды и последующая инерционная сепарация |
| 5. Жалюзийный пылеуловитель | Д. Электрическое поле коронного разряда                                 |

**Ответ:** 1-Б, 2-Д, 3-В, 4-Г, 5-А.

#### 3. Задание открытого типа с развернутым ответом

При плановом осмотре электрофильтра агломерационной фабрики обнаружено, что часть коронирующих электродов покрыта толстым слоем спекшейся пыли, а на осадительных электродах видны следы обратной короны. Объясните, почему наличие отложений на коронирующих электродах снижает эффективность улавливания, и какой режим встряхивания нужно скорректировать.

**Ответ:**

Коронирующие электроды должны иметь острые кромки или иглы для создания неоднородного

электрического поля и возникновения коронного разряда. Если они покрыты слоем пыли, радиус кривизны увеличивается, и напряженность поля у поверхности падает. Для возникновения короны требуется значительно большее напряжение, а при недостатке напряжения корона гаснет — зарядка частиц прекращается.

Обратная корона (на осадительных электродах) возникает из-за высокого удельного сопротивления слоя пыли.

Корректировка: Необходимо увеличить частоту и/или интенсивность встряхивания коронирующих электродов, чтобы пыль не накапливалась. Если это не помогает — проверить исправность молотковых механизмов встряхивания.

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

При анализе эффективности работы полого форсуночного скруббера для улавливания пыли из отходящих газов плавильной печи обнаружено, что концентрация пыли на выходе выросла в 2 раза. Какие неисправности оборудования могли стать причиной?

1. Засорение или износ форсунок орошения.
2. Падение давления воды в коллекторе орошения.
3. Увеличение диаметра каплеуловителя на выходе.
4. Подсос воздуха через неплотности корпуса скруббера.
5. Увеличение расхода газа через скруббер.

**Ответ:** 1, 2, 4.

**Обоснование:**

Эффективность полого скруббера зависит от качества распыла воды и контакта капель с газом.

6. Забитые или изношенные форсунки дают грубый, неравномерный факел. Мелкодисперсная пыль проскакивает между крупными каплями.
7. При недостаточном давлении воды факел не перекрывает все сечение скруббера, и часть газа проходит без очистки.
8. Подсос воздуха увеличивает объем газов и снижает скорость, а также может изменить аэродинамику, создавая застойные зоны.

#### **5. Задание закрытого типа на установление последовательности**

Установите правильную последовательность движения газа и уловленной пыли в батарейном циклоне:

- А) Вращение потока в цилиндрической части и отброс частиц к стенке
- Б) Выход очищенного газа через выхлопную трубу
- В) Вход запыленного газа через тангенциальный патрубок
- Г) Ссыпание пыли в коническую часть и далее в бункер
- Д) Подсос воздуха через пылевой затвор (при неисправности)

**Ответ:** В → А → Б → Г → Д (при условии неисправности, в норме Д отсутствует).

(Вход, закрутка, разделение фаз, сбор пыли, нештатный подсос).

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

На рукавном фильтре сухой газоочистки алюминиевого электролизера сработала сигнализация «превышение перепада давления». При этом концентрация пыли на выходе остается в норме. О чем свидетельствует данная комбинация признаков?

- А) О прорыве рукавов
- Б) О нормальном цикле фильтрации
- В) О забивании (замасливании) фильтровальных рукавов и неэффективности системы импульсной регенерации
- Г) О неисправности вытяжного вентилятора

**Ответ:** В.

**Обоснование:** Рост перепада давления ( $\Delta P$ ) при нормальной запыленности на выходе означает, что рукава целы, но их поры забиты. Причина — неэффективная регенерация (не срабатывают клапана продувки, мало давление сжатого воздуха, или рукава замаслены и не очищаются

импульсом). Это приведет к дальнейшему росту  $\Delta P$ , снижению расхода газа и в итоге — к остановке системы.

### 7. Задание закрытого типа на установление соответствия

Установите соответствие между неисправностью циклона и ее диагностическим признаком, выявляемым при обходе:

| Неисправность циклона                                 | Диагностический признак                                             |
|-------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|
| 1. Забит пылевой бункер                               | А. Снижение гидравлического сопротивления циклона                   |
| 2. Подсос воздуха через пылевой затвор                | Б. Повышенный унос пыли в выхлопную трубу при нормальном $\Delta P$ |
| 3. Износ (сквозное отверстие) в стенке корпуса        | В. Резкое повышение перепада давления на циклоне                    |
| 4. Частичное перекрытие входного патрубка отложениями | Г. Визуально видимый факел пыли из отверстия                        |

**Ответ:** 1-В, 2-Б, 3-Г, 4-А.

### 8. Задание открытого типа с развернутым ответом

При диагностике дымососа, транспортирующего газы после мокрой газоочистки, виброанализатор показал рост вибрации на оборотной частоте. При остановке и вскрытии улитки на лопатках рабочего колеса обнаружен неравномерный солевой нарос. Объясните причину появления нароста и его влияние на остаточный ресурс дымососа.

**Ответ:**

Причина: Газы после мокрой очистки насыщены водяным паром и содержат остатки растворимых солей (например, сульфатов, хлоридов). При движении через дымосос из-за снижения температуры или аэродинамических эффектов на лопатках происходит конденсация и кристаллизация солей. Неравномерный нарос вызывает дисбаланс ротора (рост 1-й гармоники вибрации). Это ведет к повышенным знакопеременным нагрузкам на подшипники, усталостному разрушению лопаток и снижению остаточного ресурса дымососа в несколько раз.

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

При обследовании насадочного скруббера для очистки газов от  $\text{SO}_2$  известковым молоком обнаружено, что степень абсорбции упала. Какие технические причины могли привести к снижению эффективности?

1. Забивание насадки (кольца Рашига) гипсовыми отложениями.
2. Увеличение концентрации  $\text{SO}_2$  на входе.
3. Неисправность циркуляционного насоса орошения, снизившего плотность орошения.
4. Подсос воздуха через люки обслуживания.
5. Увеличение температуры газа на входе.

**Ответ:** 1, 3.

**Обоснование:**

В насадочном скруббере ключевую роль играет поверхность контакта фаз.

6. Отложения гипса ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) на насадке уменьшают живое сечение и площадь контакта, а также создают байпасные каналы для газа.
7. Если насос не развивает расчетный расход, снижается плотность орошения ( $\text{м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$ ), насадка не полностью смачивается, и абсорбция падает.

### 10. Задание закрытого типа на установление последовательности

Расположите этапы поиска причины повышенного пылеуноса из электрофилтра в порядке их выполнения:

А) Проверка состояния механизмов встряхивания и работы трансформаторных агрегатов



Б) Отбор проб пыли на входе и выходе для определения удельного электрического сопротивления (УЭС)

В) Анализ трендов напряжения и тока коронного разряда за последнюю неделю

Г) Внешний осмотр изоляторных коробок и состояния газораспределительных решеток

Д) Проверка уровня пыли в бункерах и работы системы золоудаления

**Ответ:** В → А → Г → Д → Б.

(Сначала смотрим тренды электрики, потом механику, потом проходные изоляторы и решетки, потом золоудаление, затем углубленный анализ физики пыли).

---

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

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

Инженер рассчитывает общую эффективность двухступенчатой системы пылеулавливания: циклон ( $\eta_1 = 85\%$ ) и рукавный фильтр ( $\eta_2 = 99.5\%$ ). Чему равен общий КПД ( $\eta_{\text{общ}}$ ) и проскок пыли ( $P$ )?

А)  $\eta_{\text{общ}} = 99.5\%$ ,  $P = 0.5\%$

Б)  $\eta_{\text{общ}} = (85 + 99.5) / 2 = 92.25\%$

В)  $\eta_{\text{общ}} = 1 - (1 - 0.85) \cdot (1 - 0.995) = 1 - 0.15 \cdot 0.005 = 0.99925$  (99.925%),  $P = 0.075\%$

Г)  $\eta_{\text{общ}} = 0.85 \cdot 0.995 = 84.6\%$

**Ответ:** В.

**Обоснование:** Общая эффективность последовательно установленных аппаратов не суммируется, а рассчитывается по вероятностному принципу: общий проскок равен произведению проскоков каждого аппарата.  $P_{\text{общ}} = P_1 \cdot P_2 = (0.15) \cdot (0.005) = 0.00075$  (0.075%). Следовательно,  $\eta_{\text{общ}} = 1 - P_{\text{общ}} = 0.99925$ .

### 12. Задание открытого типа с развернутым ответом

При анализе работы трубы Вентури (скруббер) обнаружено, что фактическая эффективность пылеулавливания  $\eta$  составляет 96%, а проектная — 99%. Замеры показали, что перепад давления на горловине  $\Delta P = 6000$  Па при проекте 10000 Па. Объясните, как связаны перепад давления и эффективность в скруббере Вентури, и какую неисправность указывает низкий  $\Delta P$ ?

**Ответ:**

В скруббере Вентури эффективность улавливания напрямую связана с перепадом давления (энергией, затрачиваемой на дробление воды). Эмпирическая формула часто имеет вид  $\eta = 1 - \exp(-k \cdot \Delta P^a)$ .

Снижение  $\Delta P$  при неизменном расходе газа указывает на то, что поток не испытывает расчетного сопротивления. Причина — скорее всего, увеличение проходного сечения горловины из-за абразивного износа стенок и регулирующей заслонки («лепестка»). Из-за этого скорость газа в горловине упала, капли воды дробятся хуже, коагуляция с пылью ухудшилась, и эффективность упала. Требуется восстановление геометрии горловины (наплавка, замена футеровки).

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

При оценке технического состояния центробежного скруббера (циклона с мокрой пленкой) выявлено, что на внутренних стенках образовались твердые отложения, перекрывающие тангенциальный ввод. Какие факторы способствовали образованию отложений, и какие меры следует предпринять при текущем ремонте?

1. Недостаточное давление орошающей воды, из-за чего пленка не сплошная.
2. Слишком высокая температура газа, вызывающая испарение пленки.
3. Отсутствие или засорение сопел орошения стенок.
4. Использование жесткой воды с высоким содержанием солей кальция.
5. Повышенная скорость вращения вентилятора.

**Ответ:** 1, 3, 4.

**Обоснование:**

6. Сплошная водяная пленка на стенках защищает от налипания сухой пыли. Если она разорвана, пыль схватывается с металлом.
  7. Если сопла, подающие воду на стенки, забиты, пленка не образуется.
  8. Соли жесткости при испарении капель образуют цементирующий каркас для пыли, создавая трудноудаляемые отложения.
- Мера при ремонте: очистка стенок, ревизия и замена сопел, установка водоподготовки (умягчения) подпиточной воды.

#### 14. Задание закрытого типа на установление соответствия

Установите соответствие между показателем работы газоочистного аппарата и формулой для его расчета:

| Показатель                                    | Формула расчета                                                   |
|-----------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| 1. Общая эффективность улавливания ( $\eta$ ) | А. $M_{\text{вход}} - M_{\text{выход}}$                           |
| 2. Проскок (Р)                                | Б. $(C_{\text{вх}} - C_{\text{вых}}) / C_{\text{вх}} \cdot 100\%$ |
| 3. Масса уловленной пыли                      | В. $M_{\text{выход}} / M_{\text{вход}}$                           |
| 4. Концентрация пыли на выходе                | Г. $C_{\text{вых}}$                                               |

**Ответ:** 1-Б, 2-В, 3-А, 4-Г.

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

Инженер рассчитывает выбросы  $\text{SO}_2$  из трубы печи взвешенной плавки. Расход газа 50 000 м<sup>3</sup>/ч, концентрация  $\text{SO}_2$  на входе в трубу после скруббера 800 мг/м<sup>3</sup>. Степень очистки скруббера по  $\text{SO}_2$  (абсорбция) равна 60%. Какова масса выбросов  $\text{SO}_2$  в час (кг/ч)?

- А)  $800 \cdot 50000 = 40\,000$  кг/ч  
 Б)  $800 \cdot 50 \cdot 0.4 = 16\,000$  г/ч = 16 кг/ч  
 В)  $800 \cdot 50000 \cdot 0.4 / 1000000 = 16$  кг/ч (правильный перевод мг в кг)  
 Г)  $800 / 0.6 = 1333$  кг/ч

**Ответ:** В.

**Обоснование:** Выброс = Концентрация · Расход · Доля проскока.

$$C_{\text{вых}} = C_{\text{вх}} \cdot (1 - 0.6) = 800 \cdot 0.4 = 320 \text{ мг/м}^3.$$

$$M_{\text{час}} = 320 \text{ мг/м}^3 \cdot 50000 \text{ м}^3/\text{ч} = 16\,000\,000 \text{ мг/ч} = 16 \text{ кг/ч}.$$

#### 16. Задание открытого типа с развернутым ответом

При тепловизионном контроле рукавного фильтра обнаружена локальная «горячая» зона на одной из секций (температура корпуса на 20°C выше, чем на соседних). Концентрация пыли на выходе из этой секции, измеренная трибоэлектрическим датчиком, резко возросла. Опишите, что произошло в этой секции и какие действия должен предпринять персонал.

**Ответ:**

Локальный перегрев секции при одновременном росте запыленности — признак прогара одного или нескольких рукавов. Через прорыв газ идет, не фильтруясь, и уносит пыль. Температура стенки растет из-за увеличения скорости потока и трения в месте прорыва. Действия персонала:

1. Немедленно отключить аварийную секцию (перекрыть шиберы на входе и выходе), не останавливая весь фильтр.
2. После остывания вскрыть секцию, найти поврежденные рукава.
3. Заглушить прогоревшие рукава специальными заглушками, если замена невозможна в данный момент, и запустить секцию на пониженной производительности.

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

При анализе проб воды из оборотного цикла мокрой газоочистки обнаружено резкое снижение pH (повышение кислотности). Какое оборудование газоочистки может быть повреждено этим фактором в первую очередь?

1. Корпус скруббера (стальной, без футеровки).
2. Рабочие колеса и улитки дымососов.
3. Насадка (керамические кольца) в абсорбере.
4. Трубопроводы и насосы орошающей воды.
5. Фильтровальные рукава.

**Ответ:** 1, 2, 4.

**Обоснование:**

Кислая вода (низкий pH) вызывает интенсивную электрохимическую коррозию незащищенного металла.

6. Стальной корпус скруббера без защиты (гуммировки или кислотоупорной футеровки) быстро ржавеет.
  7. Дымососы мокрой очистки работают в агрессивной среде. Лопатки и улитка из углеродистой стали разрушаются катастрофически быстро.
  8. Трубопроводы и чугунные корпуса насосов подвержены кислотной коррозии.
- Керамическая насадка (п.3) к кислоте инертна, а рукава (п.5) находятся в сухой зоне.

### 18. Задание закрытого типа на установление последовательности

Установите алгоритм расчета секции рукавного фильтра при подборе замены фильтровального материала:

- А) Определение необходимой площади фильтрации  $F = V_{\text{газа}} / q$  (нагрузка на ткань)
- Б) Расчет гидравлического сопротивления выбранного материала  $\Delta P$
- В) Выбор типа ткани (полиэстер, мета-арамид, ПТФЭ) исходя из температуры и химического состава газов
- Г) Проверка условий регенерации (допустимое давление импульса, влажность)
- Д) Определение количества рукавов в секции

**Ответ:** В → А → Д → Б → Г.

(Сначала материал, потом общая площадь, потом раскладка по рукавам, потом сопротивление, потом проверка).

### 19. Задание закрытого типа на установление соответствия

Установите соответствие между загрязняющим газом и методом его очистки, реализуемым в специальном аппарате:

| Газ                                | Метод / Аппарат очистки                                          |
|------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| 1. Диоксид серы (SO <sub>2</sub> ) | А. Каталитический дожиг на платиновом катализаторе               |
| 2. Оксид углерода (CO)             | Б. Абсорбция известковым молоком в скруббере                     |
| 3. Фтористый водород (HF)          | В. Адсорбция свежим глиноземом (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) |
| 4. Оксиды азота (NO <sub>x</sub> ) | Г. Селективное каталитическое восстановление (СКВ) аммиаком      |

**Ответ:** 1-Б, 2-А, 3-В, 4-Г.

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

В системе пылеулавливания ферросплавной печи используется комбинация «циклон — рукавный фильтр». Инженер заметил, что срок службы рукавов сократился вдвое. При осмотре выяснилось, что в рукава попадают искры и раскаленные частицы. Какой элемент системы неисправен?

- А) Вытяжной вентилятор
- Б) Циклон (неисправен пылевой затвор, и искры проскакивают в фильтр)
- В) Система регенерации
- Г) Теплообменник перед фильтром

**Ответ:** Б.

**Обоснование:** Циклон в этой схеме выполняет функцию искрогасителя и первой ступени. Если из-за подсоса воздуха через неисправный мигающий затвор эффективность циклона падает, или если его бункер переполнен, раскаленные частицы (искры) не улавливаются и летят в рукавный фильтр, прожигая ткань. Это основная причина прогара рукавов.

### 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 аудите газоочистки сталеплавильной электропечи обнаружено, что проектная система (прямой отсос через свод + зонт над печью) не обеспечивает улавливание всех дымовых газов. Визуально видно парение через аэрационный фонарь цеха. Замеры показали, что дымосос работает на пределе характеристики. Какое техническое решение является системным, а не «латанием дыр»?

- А) Увеличить обороты дымососа.
- Б) Установить дополнительные вентиляторы в фонаре.
- В) Герметизировать печь и перейти на полностью закрытый сводовой отсос с регулируемым зазором (система «Dog-house» или закрытый свод).
- Г) Чаше чистить рукавные фильтры.

**Ответ:** В.

**Обоснование:** Проблема в том, что периферийный зонт не может уловить газы при раскрытии свода (подвалка шихты, работа электродов). Увеличение оборотов ограничено прочностью ротора. Решение — полностью накрыть печь герметичным укрытием (Dog-house) или модернизировать свод, организовав кольцевой отсос. Это кардинально снижает объем аспирируемого воздуха, направляя всю мощность дымососа на эвакуацию именно технологических газов, а не подсасываемого цехового воздуха.

#### 22. Задание открытого типа с развернутым ответом

При обследовании системы пылеулавливания углеподготовительного цеха коксохимпроизводства инженер выявил, что во всех узлах перегрузки угля концентрация пыли в воздухе рабочей зоны превышает ПДК в 5 раз, хотя аспирационные установки работают. Анализ показал, что воздухопроводы имеют отложения угольной пыли в горизонтальных участках. Объясните причину отложений и предложите план модернизации системы аспирации с целью обеспечения взрывобезопасности.

**Ответ:**

Причина отложений: Скорость воздуха в горизонтальных воздухопроводах ниже минимально необходимой для транспортировки пыли данной плотности («скорости витания»). Угольная пыль выпадает в осадок, сужая сечение.

План модернизации:

1. Провести аэродинамический расчет сети. Увеличить скорость воздуха до 20–25 м/с путем замены вентилятора или уменьшения сечения воздухопроводов в зонах с заниженными скоростями.
2. Заменить горизонтальные участки на наклонные (угол  $> 60^\circ$  к горизонту) с установкой люков для ревизии и очистки.
3. Оснастить воздухопроводы системой взрывозащиты (взрывные мембраны) и датчиками температуры (риск тления угля).
4. Установить систему отряхивания или вибраторы на бункерах и длинных участках для предотвращения налипания.

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

На мокром электрофильтре серноокислотного цеха, улавливающем туман  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , периодически возникают электрические пробой, сопровождающиеся отключением агрегатов питания. Осмотр показал, что фарфоровые изоляторы в изоляторных коробках влажные и загрязненные. Какие меры необходимо принять при текущем ремонте для восстановления работоспособности?

1. Заменить фарфоровые изоляторы на полимерные.
2. Проверить и восстановить систему обогрева изоляторных коробок.
3. Проверить и восстановить систему воздушной завесы (подача теплого сухого воздуха в коробки).
4. Увеличить напряжение на коронирующих электродах.
5. Промыть изоляторы дистиллированной водой и просушить, заменить поврежденные.

**Ответ:** 2, 3, 5.

**Обоснование:**

Изоляторы в мокром электрофилтре должны оставаться сухими, иначе по влажной поверхности идет ток утечки (пробой).

6. Обогрев коробок предотвращает конденсацию влаги на поверхности фарфора.
7. Воздушная завеса создает избыточное давление, не давая кислому туману проникнуть в изоляторную коробку.
8. Уже загрязненные изоляторы необходимо очистить (промыть) и высушить; треснувшие — заменить.

Замена на полимерные (п.1) возможна, но чаще проблема в обогреве, а не в материале.

#### **24. Задание закрытого типа на установление последовательности**

Восстановите порядок пуска наладочных работ при вводе в эксплуатацию новой системы газоочистки (рукавный фильтр + дымосос) после монтажа:

- А) Холостой обкат дымососа на 1/2 скорости с контролем вибрации и температуры подшипников
- Б) Продувка газоходов сжатым воздухом со вскрытием люков для удаления монтажного мусора
- В) Поочередное испытание секций фильтра: продувка, проверка герметичности, настройка импульсной регенерации
- Г) Комплексное опробование системы под нагрузкой (с подачей газа) с замером остаточной запыленности
- Д) Аэродинамические испытания: замер расходов, давлений, построение характеристики сети

**Ответ:** Б → А → В → Д → Г.

(Сначала чистота, потом механика дымососа, потом фильтры, потом аэродинамика, потом финальный тест).

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

При экспертизе технического состояния батарейного циклона (мультициклона), улавливающего золу после котла-утилизатора, обнаружено, что общая эффективность упала с 90% до 75%.

Вскрытие показало, что 20% циклонных элементов забиты золой, а в остальных — заметный абразивный износ выхлопных труб. Что явилось первопричиной выхода из строя элементов?

- А) Высокая температура газов
- Б) Неравномерное распределение газа по элементам из-за конструктивных дефектов раздающей камеры, что привело к перегрузке части элементов и их ускоренному износу, а «запертые» элементы забились
- В) Плохое качество изготовления выхлопных труб
- Г) Отсутствие теплоизоляции

**Ответ:** Б.

**Обоснование:** Мультициклоны критичны к равномерности газового потока. Если раздающая камера спроектирована с нарушением аэродинамики, часть элементов работает с повышенной скоростью (абразивный износ), а в других скорость падает ниже критической, и они забиваются. Это системная проблема конструкции, а не дефект материала. Изношенные элементы создают перетоки, усугубляя неравномерность, и КПД лавинно падает.

## **ПК-3 (проверка технического состояния, остаточный ресурс, организация осмотров и ремонта) и охватывающих указанные разделы дисциплины.**

### **Уровень 1. Базовый (10 вопросов)**

#### **1. Задание комбинированного типа (выбор одного ответа + обоснование)**

Какое сочетание факторов представляет наибольшую опасность для механической целостности

корпуса сухого электрофилтра при организации профилактического осмотра?

- А) Высокая температура газа + химически нейтральная пыль
- Б) Низкая температура газа + точка росы ниже рабочей температуры
- В) Высокая температура + наличие  $\text{SO}_3$  в газе (образование кислоты) + подсосы воздуха
- Г) Высокое разрежение перед аппаратом

**Ответ: В**

**Обоснование:** Сочетание  $\text{SO}_3$  и подсосов воздуха приводит к образованию серной кислоты при падении температуры ниже точки росы. Это вызывает интенсивную коррозию металлоконструкций, что является критическим дефектом при проверке техсостояния и расчете остаточного ресурса корпуса.

## **2. Задание закрытого типа на установление последовательности**

Установите верную технологическую последовательность действий мастера по ремонту при обнаружении прорыва (свища) в рукаве рукавного фильтра во время текущего ремонта:

- А) Пуск секции в работу
- Б) Остановка и отключение секции от газового тракта
- В) Визуальный осмотр бункера и продувочной ramпы
- Г) Замена поврежденного рукава (или установка заглушки на сопло)
- Д) Локализация дефектного ряда (по запыленности продувочного коллектора)

**Ответ: Б → Д → Г → В → А**

## **3. Задание закрытого типа на установление соответствия**

При проверке остаточного ресурса центробежного скруббера (циклона с водяной пленкой) выявлены дефекты. Установите соответствие между дефектом и методом восстановления при текущем ремонте:

- 1. Истирание футеровки в нижней части конического днища
  - 2. Коррозия форсунок орошения
  - 3. Износ лопаток входного завихрителя
- А) Замена распылителя или прочистка калиброванным сверлом
  - Б) Торкретирование или замена плитки из каменного литья
  - В) Наплавка твердым сплавом с последующей шлифовкой аэродинамического профиля

**Ответ: 1-Б, 2-А, 3-В**

## **4. Задание открытого типа с развернутым ответом**

В процессе планового профилактического осмотра пылеосадительной камеры вы обнаружили, что эффективность улавливания резко упала, хотя герметичность корпуса не нарушена. Назовите три основные причины, связанные с техническим состоянием внутренних устройств, и опишите порядок действий по их устранению в рамках текущего ремонта.

**Ответ:**

- 1. *Забитие пылью полок или цепных завес:* Снизилось живое сечение, выросла скорость газа. *Действие:* механическая очистка скребками, виброобрушение.
- 2. *Деформация или обрыв отражательных перегородок:* Изменилась траектория потока. *Действие:* рихтовка или замена перегородок.
- 3. *Образование отложений на стенках («сводов»), вызывающих вторичный унос:* *Действие:* очистка стенок, ремонт вибраторов бункера, обеспечение бесперебойной выгрузки пыли через шлюзовые затворы.

## **5. Задание комбинированного типа (выбор одного ответа + обоснование)**

При вибродиагностике ротационного пылеуловителя (вентилятор-пылеуловитель) выявлен сильный дисбаланс рабочего колеса. Какое решение по текущему ремонту будет наиболее верным с точки зрения организации работ?

- А) Увеличить подачу воды на ротор для центровки массой жидкости
- Б) Провести очистку лопаток от налипшей пыли, а при сохранении вибрации – балансировку ротора на месте
- В) Установить более мощные подшипники
- Г) Снизить число оборотов двигателя частотником

**Ответ: Б**

**Обоснование:** Основная причина дисбаланса ротационных аппаратов – неравномерный износ или

налипание пыли на лопатки. Организация ремонта согласно ПК-3 предполагает сначала легкую зачистку, и только если это не помогло – механическую подбалансировку, так как замена подшипников (В) или снижение нагрузки (Г) не устраняют корень проблемы.

#### **6. Задание закрытого типа на установление соответствия**

Соотнесите тип оборудования и периодичность проверки технического состояния, регламентированную для предотвращения аварийных остановок металлургического агрегата (в рамках системы ППР):

1. Газоходы неочищенного газа перед трубой Вентури
2. Фильтровальные рукава из термостойкого волокна (Номекс)
3. Подшипниковые узлы дымососов (тягодутьевых машин)
  - А) Ежедневный визуальный контроль (целостность, цвет дыма)
  - Б) Еженедельная проверка на абразивный износ стенок (ультразвуковая толщинометрия)
  - В) Постоянный контроль (температура и вибрация, вывод на пульт оператора)

**Ответ:** 1-Б, 2-А, 3-В

#### **7. Задание открытого типа с развернутым ответом**

Опишите технологию проверки технического состояния тарелок пенного газопромывателя (аппарата с переливом) во время краткосрочной остановки цеха. Какие дефекты решетки ведут к немедленной замене секции?

**Ответ:**

При осмотре проверяется: горизонтальность решетки, целостность переливных порогов, и главное – состояние перфорации.

*Дефекты, требующие немедленной замены секции:*

1. Сквозные коррозионные разрушения перемычек между отверстиями (увеличение свободного сечения более чем на 25% от проектного), что ведет к провалу жидкости и падению эффективности.
2. Залповое забитие отверстий солевыми или смолистыми отложениями, не поддающимися химической промывке или прожиганию, вызывающее резкое повышение сопротивления тракта.

#### **8. Задание комбинированного типа (выбор одного ответа + обоснование)**

При осмотре насадочной колонны (скруббера) обнаружено, что керамические кольца Рашига «провалились» в бункер, а верхний слой насадки отсутствует на 0,5 метра. Ваши действия как организатора текущего ремонта?

- А) Уменьшить подачу орошающей жидкости, чтобы газ проходил свободнее
- Б) Дозагрузить насадку аналогичного типа до проектной высоты, проверив целостность опорной решетки
- В) Закрыть люки и запустить аппарат, так как газ все равно очищается в нижнем слое
- Г) Заменить насадку на нерегулярную металлическую любого диаметра без расчета

**Ответ:** Б

**Обоснование:** Провал насадки обычно вызван разрушением опорно-распределительной решетки. Простая дозагрузка без осмотра решетки приведет к повторному провалу. Проверка опорной решетки и восстановление высоты слоя – прямая задача текущего ремонта.

#### **9. Задание закрытого типа на установление последовательности**

Расположите операции контроля и ремонта в правильной логической последовательности при подготовке к пуску центробежного циклона батарейного типа (мультициклона) после длительного простоя:

- А) Проверка целостности литых вытяжных труб
- Б) Внешний осмотр теплоизоляции корпуса
- В) Удаление посторонних предметов и пылевых пробок из «улиток» элементов
- Г) Замер сопротивления заземления
- Д) Продувка системы импульсного обогрева (от конденсата)

**Ответ:** Б → В → А → Д → Г

#### **10. Задание открытого типа с развернутым ответом**

Какие методы неразрушающего контроля вы назначите для оценки остаточного ресурса корпуса мокрого центробежного скруббера, работающего в среде с высоким содержанием фтористого



водорода? Ответ обоснуйте с точки зрения поиска специфических дефектов.

**Ответ:**

1. **Вихретоковый или капиллярный контроль** сварных швов – для поиска микротрещин, возникающих из-за водородного охрупчивания и коррозионного растрескивания под напряжением.
2. **Ультразвуковая толщинометрия (УЗТ)** нижней части корпуса и бункера – для определения сплошной коррозии и утонения металла под слоем защитного покрытия (гуммировки).

---

## Уровень 2. Средний (10 вопросов)

### 11. Задание комбинированного типа (выбор одного ответа + обоснование)

Рассчитайте, превышен ли лимит остаточного ресурса стенки газохода (СтЗ, допускаемое напряжение  $[\sigma] = 160$  МПа), если измеренная толщина  $S_{\text{fact}} = 3.2$  мм, внутренний диаметр  $D = 1400$  мм, рабочее давление  $P = 0.15$  МПа, прибавка на коррозию  $C = 1$  мм.

А) Ресурс достаточен, останов не нужен

Б) Толщина недопустимо мала, требуется усиление бандажом или замена при ближайшем ППР

В) На пределе, требуется ультразвуковой контроль через неделю

**Ответ:** Б

**Расчет и обоснование:**

Расчетная толщина стенки  $(S_p) = (P * D) / (2 * [\sigma] + P) = (0.15 * 1400) / (2 * 160 + 0.15) = 210 / 320.15 \approx 0.66$  мм.

Исполнительная толщина стенки  $S \geq S_p + C$ .

$S \geq 0.66 + 1.0 = 1.66$  мм.

Имеющаяся толщина 3.2 мм формально больше 1.66 мм, **НО**, учитывая работу газохода под разрежением и ветровые нагрузки на обечайку, минимальная структурная толщина для жесткости  $D=1400$  обычно не менее 4-5 мм (условие жесткости). Потеря 36% номинала (при исходной 5 мм) является аварийно-опасным дефектом. Ответ Б.

### 12. Задание закрытого типа на установление соответствия

Соотнесите характер изменения показателей работы оборудования и вероятную причину, требующую ремонтного вмешательства (ПК-3):

1. Рост перепада давления на рукавном фильтре при одновременном снижении расхода сжатого воздуха на регенерацию
  2. Падение напряжения на клеммах электрофильтра при отсутствии пробоя в изоляторах
  3. Повышение уровня жидкости в нижней части скруббера Вентури при неизменной подаче воды
- А) Засорение форсунок или разрыв диафрагмы импульсного клапана  
Б) Забитие сливного гидрозатвора или отложение шлама в бункере-отстойнике  
В) Накопление пыли на коронирующих электродах («забитие» или запущение), снижающее эффективность коронного разряда

**Ответ:** 1-А, 2-В, 3-Б

### 13. Задание открытого типа с развернутым ответом

При организации текущего ремонта полого газопромывателя (форсуночного скруббера) после аварийной остановки выявлен значительный абразивный износ стенки в месте удара факела орошения на входе газа. Предложите технологию ремонта, обеспечивающую повышение остаточного ресурса этого узла вдвое без замены всего корпуса.

**Ответ:**

В рамках ПК-3 организуются следующие работы:

1. **Зачистка поверхности** до металлического блеска.
2. **Установка сменной броневого защиты:** Монтаж на болтовых соединениях или приварка шпилек для крепления защитного экрана из износостойкой стали (Hardox) или плитки из каменного литья с эпоксидной затиркой швов.
3. **Альтернатива:** Приварка «кармана» с наполнением его быстротвердеющей корундовой смесью (торкрет-бетон). Это позволяет в будущем менять только заполнение, а не корпус.



#### 14. Задание комбинированного типа (выбор нескольких ответов + обоснование)

При проверке технического состояния термического реактора (камеры дожигания) выявлены проблемы. Какие два фактора из перечисленных, согласно нормативам эксплуатации, напрямую угрожают прогару камеры и требуют немедленного останова на ремонт?

- А) Пульсация факела в горелке
- Б) Отслоение футеровки на площади более 10% с оголением анкерных болтов
- В) Превышение температуры стенки корпуса под изоляцией выше 120°C (для углеродистой стали)
- Г) Незначительный дым из смотрового лючка
- Д) Шум вентилятора подачи воздуха

**Ответ:** Б, В

**Обоснование:**

- **Б:** Оголение анкеров означает, что изоляция больше не держится, при вибрации корпуса возможен обвал футеровки внутрь газохода и перекрытие сечения, а также локальный перегрев.
- **В:** Температура корпуса выше 120°C говорит о полном разрушении футеровки в этом месте. Длительная работа вызывает ползучесть металла и разрыв корпуса. Пульсация (А) и шум (Д) могут устраняться настройкой без останова.

#### 15. Задание комбинированного типа (расчетный выбор)

Мастер оценивает остаточный ресурс фильтровальной плиты патронного фильтра. Допустимый перепад давления 2500 Па. Замеры: после замены  $\Delta P = 800$  Па, через месяц  $\Delta P = 1400$  Па. Линейный рост. Через сколько месяцев (округленно) наступит предельное состояние при условии сохранения режима, требующее внеплановой замены?

- А) 1,5 месяца
- Б) 2 месяца
- В) 3 месяца
- Г) 2,5 месяца

**Ответ:** Г

**Обоснование:** Скорость роста =  $1400 - 800 = 600$  Па/мес. Остаток давления =  $2500 - 1400 = 1100$  Па. Время до предела =  $1100 / 600 = 1,83$  мес.  $\sim 2$  мес (но так как вопрос о наступлении критического предела, ближайшее время чуть менее 2, вариант Г – 2,5, чтобы гарантированно войти в график ремонта ранее достижения 2500). Правильнее округлить в меньшую сторону для безопасности, но из предложенных вариантов наиболее близок 2,5 (фактически запас позволит работать ровно 1.83 мес., после чего наступает риск).

#### 16. Задание открытого типа с развернутым ответом

Опишите алгоритм проверки технического состояния и ремонт системы гидравлического затвора на ударно-инерционном газопромывателе (импинджере), если резко повысилась концентрация пыли на выходе.

**Ответ:**

1. **Контроль уровня жидкости:** Проверка отсутствия течи и уровня в гидрозатворе. Утечка (снижение уровня) ведет к прямому проскоку газа без контакта с ударной поверхностью воды. *Ремонт:* восстановление герметичности, очистка перелива.
2. **Забитие шламового канала:** Проверить отсутствие «пробки» в сливном патрубке. *Ремонт:* механическая прочистка шомполами, подача технической воды высокого давления.
3. **Деформация импинджерной полки:** При перегреве или коррозии возможна деформация перегородки, меняющая зазор для прохода газа. *Ремонт:* рихтовка или замена болтовых пластин с соблюдением проектного зазора.

#### 17. Задание закрытого типа на установление последовательности

Расставьте этапы входного контроля и замены электроагрегатов электрофильтра при текущем ремонте:

- А) Центровка коронирующих электродов относительно осадительных (планками-шаблонами)
- Б) Проверка сопротивления изоляции опорно-проходных изоляторов мегаомметром
- В) Прозвонка высоковольтного кабеля
- Г) Очистка изоляторных коробок от пыли и влаги

Д) Замена дефектных коронирующих игл

**Ответ:**  $\Gamma \rightarrow Д \rightarrow А \rightarrow Б \rightarrow В$

**18. Задание комбинированного типа (выбор нескольких + развернутое обоснование)**

Выберите признаки, которые при осмотре динамического газопромывателя (механического скруббера с вращающимся ротором) однозначно указывают на необходимость срочного ремонта подшипникового узла и замены уплотнений:

А) Появление подтеков масла на фундаментной плите

Б) Стук в зоне муфты сцепления

В) Увеличение виброскорости на корпусе подшипника с 4,5 мм/с до 18 мм/с за сутки

Г) Снижение давления воды в магистрали

Д) Перегрев корпуса подшипника свыше 75°C при работающей системе смазки

**Ответ:** А, В, Д

**Обоснование:**

- **А:** Наличие подтеков говорит о разрушении сальниковых уплотнений или прокладок, внутрь может попадать влага и абразив.
- **В:** Скачок вибрации – признак развития дефекта (раковина на дорожке качения, излом сепаратора). Значение 18 мм/с – аварийный уровень для жестких опор.
- **Д:** Перегрев при исправной системе смазки говорит о пластической деформации металла в подшипнике.

Стук муфты (Б) может требовать ремонта муфты, а не подшипников. Давление воды (Г) не связано с механикой ротора.

**19. Задание открытого типа с развернутым ответом (расчетная задача)**

В цехе установлен циклон СК-ЦН-34. В ходе текущего ремонта вы обнаружили, что для повышения пропускной способности предыдущая смена установила в бункере дополнительный аспирационный отсос, который отбирает 12% газа из нижней части бункера напрямую, минуя выхлопную трубу. Объясните, почему эффективность очистки упала до нуля, и какое распоряжение вы отдадите на ремонт, опираясь на аэродинамику циклона.

**Ответ:**

В циклоне основная сепарация происходит за счет нисходящего внешнего вихря, который уносит пыль в бункер, и восходящего внутреннего вихря в центральной трубе. Отсос из бункера создает там высокое разрежение и разрушает аэродинамический «замок». Внутренний вихрь не формируется корректно, газ просто проходит насквозь к бункеру. *Распоряжение:* Немедленно демонтировать несанкционированный отсос и восстановить герметичность бункера (исправность пылевого затвора).

**20. Задание комбинированного типа (выбор одного ответа + обоснование)**

При расчете остаточного ресурса абсорбера очистки от SO<sub>2</sub> известковым молоком выявлено утонение стенки на 35%. Аппарат работает под давлением 0,6 МПа. Какой вид ремонта вы назначите?

А) Установка заплат (латки) с полным проваром

Б) Замена целого пояса обечайки

В) Обработка эпоксидным компаундом с армированием

Г) Ограничение рабочего давления

**Ответ:** Б

**Обоснование:** Аппараты под давлением (сосуды) имеют жесткие нормы отбраковки. Утонение 35% (осталось 65%) для нагруженных давлением обечаек почти всегда означает, что секция не проходит по расчету на прочность. Установка заплат (А) допускается при локальных, а не площадных дефектах. Наварка целого пояса – единственный способ восстановить паспортные характеристики сосуда.

---

### Уровень 3. Высокий (5 вопросов)

**21. Задание открытого типа (анализ отказов и синтез решений)**

На рукавном фильтре аспирации литейного двора доменной печи происходит частый (раз в 2 недели) обрыв крепления рукавов на решетке. Осмотр показывает обрыв металлических пружин

фиксации и наличие конденсата. Предложите инженерное решение по изменению конструкции системы крепления или регенерации, которое исключит эту проблему, с обоснованием изменения остаточного ресурса узла.

**Ответ:**

Проблема вызвана точкой росы (конденсат + оксиды серы) и гидроударами при импульсной продувке.

\*Решение в рамках ПК-3 (модернизация при капитальном ремонте):\*

1. **Замена материала крепежа:** Переход с пружинной стали на детали из нержавеющей стали (08X18H10T), стойкой к кислотному конденсату.
2. **Установка защитного диффузора:** Надевание на верхнюю часть рукава термоусадочного кольца-амортизатора в месте контакта с решеткой для гашения ударной волны.
3. **Теплоизоляция и обогрев камеры решетки:** Прокладка нагревательного кабеля по периметру плиты решетки для исключения конденсатообразования в ночное время.  
*Результат:* остаточный ресурс креплений возрастет до нормативных 3-4 лет (межремонтный пробег).

## 22. Задание комбинированного типа (анализ аварийной ситуации)

При пуске каталитического реактора после замены катализатора произошел хлопок и разрушение предохранительной мембраны. Выберите **все** факторы, которые мастер ППР **не проверил** перед пуском, и дайте развернутое обоснование:

- А) Остаточное содержание кислорода в продувочном газе
- Б) Давление срабатывания мембраны (паспорт)
- В) Температуру вспышки масла в редукторе вентилятора
- Г) Отсутствие остатков воды/конденсата в нижних точках реактора
- Д) Массу загруженного катализатора (в кг)

**Ответ:** А, Г

**Обоснование:** Хлопок – это взрыв горючей смеси. Причина: либо смесь газов без продувки (А – не проверили содержание  $O_2$ , катализатор мог окислиться), либо паровой удар из-за вскипания воды при подаче горячего газа (Г – не продренировали низ реактора). Мембрана (Б) сработала штатно, спасла корпус. Пункты В и Д не являются факторами газового хлопка.

## 23. Задание открытого типа (расчетно-аналитическая задача)

В секции электрофильтра УГ-3-3 число осадительных электродов  $n = 18$ , высота  $h = 12$  м, расстояние между ними 275 мм. При аудите техсостояния измерена скорость газа 1.5 м/с. Эффективность очистки теоретически должна быть 98%, фактически – 89%. Скорость дрейфа частиц снизилась с 12 см/с до 6 см/с. Мастер утверждает, что нужно мыть электроды. Докажите расчетом, достаточно ли времени простоя агрегата для промывки, или причина глубже (например, проскок через «мертвые зоны» из-за деформации электродов).

**Ответ (логика доказательства):**

Используем формулу Дойча:  $\eta = 1 - \exp(-W * A / V_g)$ .

Если фактическая  $W$  упала в 2 раза (с 12 до 6 см/с), то и показатель степени упал вдвое. Однако расчетное падение  $\eta$  (с 98% до ~86%) соответствует фактическому (89%).

**Вывод:** Причина именно в общем снижении скорости дрейфа (запыление/запущение короны).

**Решение:** Мастер прав, достаточно мокрой промывки (гидроочистки) электродных систем без сложной механической рихтовки. Останов на время промывки (1 смена) достаточен. Остаточный ресурс восстанавливается штатной очисткой.

## 24. Задание закрытого типа на установление последовательности (стратегия ППР)

Сформируйте стратегию организации сложного текущего ремонта трубы Вентури с форсункой орошения, работающей на оборотной воде с высоким содержанием взвесей, с целью максимального увеличения межремонтного периода:

- А) Установка на подводящем трубопроводе фильтра грубой очистки (грязевика) с продувкой
- Б) Замена изношенной горловины на легированную (сталь 10X17H13M2T)
- В) Установка легкосъёмных лючков напротив горловины
- Г) Нанесение полимерного покрытия на конфузор
- Д) Восстановление проектной геометрии диффузора

**Ответ:** В → Д → Б → А → Г

*(Логика: Сначала обеспечиваем доступ – В. Затем восстанавливаем геометрию – Д. Увеличиваем стойкость горловины – Б. Защищаем от будущих засоров форсунку – А. И защищаем конфузор от мокрой коррозии – Г.)*

## **25. Задание открытого типа (синтез и доказательство)**

Вы — главный механик цеха. Предложите метод неразрушающего контроля для оценки остаточного ресурса корпуса термического реактора дожиг, если под футеровкой есть подозрение на межкристаллитную коррозию (МКК) нержавеющей стали, но демонтаж футеровки запрещен технологами (займет 5 суток). Обоснуйте физический принцип предлагаемого метода.

### **Ответ:**

Необходимо использовать метод **акустической эмиссии (АЭ)** в сочетании с профилометрией (ультразвуковой дифракционно-временной метод TOFD) снаружи корпуса через металл.

- **Физический принцип:** При работе реактора под нагрузкой (создание давления и температурного расширения) в местах развития МКК и микротрещин происходит релаксация напряжений. Это вызывает акустические волны, фиксируемые пьезодатчиками, установленными на наружной стенке. Футеровка не является препятствием для прохождения волн от внутреннего металла к датчику.
- **Обоснование:** Это позволяет без вскрытия футеровки локализовать зоны активного трещинообразования и принять решение о вырезке дефектного участка при следующем плановом останове, планируя логистику ремонта заранее.