

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Крюков Вадим Николаевич
Должность: Проректор по образовательной деятельности и молодежной политике
Дата подписания: 23.07.2026 17:48:16
Уникальный программный ключ:
1b0adb7fd710f6a0705d90c58682bd0c5f2f25b2

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

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ
по дисциплине**

**«ГИДРО И ПНЕВМОПРИВОД
МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ МАШИН»**

Факультет: ГТФ

Направление подготовки: 15.03.02 «Технологические машины и оборудование»

Направленность (профиль): «Металлургические машины и оборудование»

Уровень образования: бакалавриат

Кафедра «Металлургии, машин и оборудования»
наименование кафедры

Разработчик ФОС:

К.э.н., доцент

(должность, степень, ученое звание)

(подпись)

Л.В. Никоноров

(ФИО)

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

Заведующий 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-3: Способен проверять техническое состояние и остаточный ресурс металлургического оборудования и организовывать профилактический осмотр и текущий ремонт	ПК-3.2: Проводит осмотр и ремонт металлургических машин с гидро- и пневмоприводом.
ПК-4: Способен разрабатывать рабочую проектную и техническую документацию на обслуживание, ремонт и модернизацию технологического оборудования	ПК-4.2: Разрабатывает необходимую документацию на обслуживание и ремонт металлургических машин с гидро- и пневмоприводом

Таблица 2 – Паспорт фонда оценочных средств

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Формируемая компетенция	Наименование оценочного средства	Показатели оценки
Аксиально-поршневые гидромашины	ПК-3 ПК-4	Список литературных источников по тематике, тестовые задания	Составление систематизированного списка использованных источников, решение теста
Шестерённые гидромашины	ПК-3 ПК-4	Список литературных источников по тематике, тестовые задания	Составление систематизированного списка использованных источников, решение теста
Радиально-поршневые, пластинчатые, винтовые гидромашины	ПК-3 ПК-4	Список литературных источников по тематике, тестовые задания	Составление систематизированного списка использованных источников, решение теста

Гидроцилиндры: типы конструкций, методика расчёта	ПК-3 ПК-4	Список литературных источников по тематике, тестовые задания	Составление систематизированного списка использованных источников, решение теста
Поворотные гидродвигатели	ПК-3 ПК-4	Список литературных источников по тематике, тестовые задания	Составление систематизированного списка использованных источников, решение теста
Гидроаппаратура: назначение, классификация	ПК-3 ПК-4	Список литературных источников по тематике, тестовые задания	Составление систематизированного списка использованных источников, решение теста
Компрессоры и пневмодвигатели	ПК-3 ПК-4	Список литературных источников по тематике, тестовые задания	Составление систематизированного списка использованных источников, решение теста
Зачет	ПК-3 ПК-4	Решение всех тестовых заданий по темам	Решение всех тестовых заданий по темам

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

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

Таблица 3 – Технологическая карта

	Наименование оценочного средства	Сроки выполнения	Шкала оценивания	Критерии оценивания
Промежуточная аттестация в 9 семестре в форме «Зачет»				
	Тестовые задания	В течение обучения по дисциплине	от 0 до 5 баллов	Зачет/Незачет
ИТОГО:		-	___ баллов	-

Уровень 1. Базовый (проверка основных понятий) – 10 вопросов (ПК-3)

1. Задание закрытого типа на установление соответствия

Установите соответствие между типом гидромашины и её характерным применением в металлургии.

Тип гидромашины	Применение
1. Аксиально-поршневой насос	А. Система смазки подшипников прокатного стана
2. Шестерённый насос	Б. Главный привод гидравлической клетки (высокое давление)
3. Пластинчатый насос	В. Механизм поворота ковша (среднее давление)
4. Винтовой насос	Г. Перекачка вязких масел и густых смазок

Ответ:

- 1 – Б
 - 2 – А
 - 3 – В
 - 4 – Г
-

2. Задание закрытого типа на установление последовательности

Расположите этапы проверки технического состояния аксиально-поршневого насоса при ежемесячном профилактическом осмотре в правильном порядке:

1. Прослушивание насоса стетоскопом на наличие посторонних шумов
2. Измерение вибрации корпуса виброметром
3. Визуальный осмотр на подтёки масла и состояние фильтра
4. Проверка давления на выходе по манометру
5. Контроль температуры корпуса тепловизором

Ответ: 3 → 4 → 1 → 5 → 2

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

Какая из неисправностей аксиально-поршневого насоса наиболее вероятно приведёт к появлению характерных высокочастотных пульсаций давления и вибрации с частотой, кратной частоте вращения вала?

1. Загрязнение рабочей жидкости
2. Износ торцевого распределителя
3. Разрушение поршневых колец

4. Ослабление пружин прижима блока цилиндров

Ответ: 4

Обоснование: Ослабление пружин прижима блока цилиндров к распределителю вызывает отрыв блока и периодические гидравлические удары с частотой, соответствующей прохождению каждого цилиндра над окнами распределителя. Это даёт пульсации на частоте $z \cdot n$ (z – число поршней, n – обороты).

4. Задание открытого типа (краткий ответ)

Что такое «кавитационная эрозия» в шестерённом насосе? Назовите три основных внешних признака, по которым её можно обнаружить при профилактическом осмотре.

Ответ: Кавитационная эрозия – разрушение поверхности зубьев шестерён и корпуса при схлопывании пузырьков пара в зоне всасывания. Признаки: 1) характерный «хрустящий» звук (кавитационный шум); 2) падение подачи и давления; 3) наличие точечных вырывов (питтинга) на зубьях и внутренней полости насоса.

5. Задание комбинированного типа с выбором нескольких вариантов и обоснованием

Какие параметры подлежат обязательной проверке при оценке остаточного ресурса гидроцилиндра двустороннего действия (тяговое усилие 250 кН, ход 800 мм) в составе металлургического оборудования? (выбрать все верные)

1. Герметичность поршневых уплотнений (внутренние перетечки)
2. Зазор между поршнем и гильзой
3. Шероховатость поверхности штока
4. Сопротивление изоляции обмотки электродвигателя
5. Усилие страгивания при минимальном рабочем давлении

Ответ: 1, 2, 3, 5

Обоснование: Оценка ресурса гидроцилиндра требует контроля внутренних перетечек (КПД), зазора пары поршень-гильза, состояния штока (влияет на уплотнения) и усилия страгивания (тренд увеличения трения). Сопротивление изоляции не относится к цилиндру.

6. Задание закрытого типа на установление соответствия

Установите соответствие между типом гидроаппаратуры (гидравлической арматуры) и её функциональным назначением.

Тип аппарата	Назначение
1. Предохранительный клапан	А. Регулирование скорости штока цилиндра
2. Редукционный клапан	Б. Ограничение максимального давления в системе

Тип аппарата	Назначение
3. Гидрораспределитель	В. Поддержание заданного давления на участке ниже насоса
4. Дроссель с обратным клапаном	Г. Изменение направления потока жидкости

Ответ:

- 1 – Б
- 2 – В
- 3 – Г
- 4 – А

7. Задание открытого типа (краткий ответ)

Чем отличается радиально-поршневой насос от аксиально-поршневого по конструктивному признаку расположения цилиндров? Для какого из них характерен больший ресурс при работе на высоковязких маслах?

Ответ: В радиально-поршневом насосе цилиндры расположены радиально (лучеобразно) вокруг приводного вала, поршни движутся от эксцентриситета. В аксиально-поршневом – цилиндры параллельны оси вала (или наклонной шайбе). Радиально-поршневые насосы более долговечны на высоковязких маслах благодаря меньшим относительным скоростям и лучшим условиям смазки.

8. Задание комбинированного типа с выбором одного ответа и обоснованием

При профилактическом осмотре пластинчатого насоса типа Г12-32 обнаружено заклинивание одной пластины в пазу ротора. К какому последствию это может привести в первую очередь?

1. Увеличению объёмного КПД
2. Резкому росту вибрации и ударным нагрузкам
3. Повышению давления на входе
4. Уменьшению расхода через фильтр

Ответ: 2

Обоснование: Заклинившая пластина не прилегает к статору, что создаёт неуравновешенную силу и удар о статор при каждом обороте, вызывая вибрацию, шум и возможное разрушение статора.

9. Задание закрытого типа на установление последовательности

Расположите этапы организации текущего ремонта поворотного гидродвигателя (шиберного типа) на металлургическом кране в хронологической последовательности:

1. Остановка крана, сброс давления в гидросистеме
2. Демонтаж двигателя и дефектация (замер износа рабочих поверхностей)
3. Составление ведомости дефектов и заявки на запчасти

4. Ремонт или замена шиберов и уплотнений
5. Сборка, опрессовка и обкатка двигателя на стенде

Ответ: 1 → 2 → 3 → 4 → 5

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

Какие элементы винтового насоса подлежат обязательной замене при капитальном ремонте (независимо от состояния) согласно типовым ремонтным нормативам для металлургии? (выбрать все)

1. Эластомерная обкладка статора (для насоса типа одновинтового)
2. Подшипники качения
3. Корпус насоса
4. Уплотнения вала (сальники или торцевые)
5. Резиновые шланги всасывающей линии

Ответ: 1, 2, 4

Обоснование: Эластомерная обкладка статора имеет ограниченный срок службы (2000–5000 часов). Подшипники и уплотнения вала меняются при КР как быстроизнашиваемые. Корпус заменяют только при повреждениях, шланги – не часть насоса.

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

11. Задание закрытого типа на установление соответствия

Установите соответствие между типом компрессора (пневмопривода) и характерным для него показателем остаточного ресурса (признак износа).

Тип	Признак износа
1. Поршневой компрессор	А. Увеличение зазора между винтовыми роторами
2. Винтовой компрессор	Б. Падение производительности из-за износа колец
3. Центробежный компрессор	В. Повышенный люфт вала в подшипниках скольжения
4. Пневмоцилиндр	Г. Внутренние перетечки воздуха через уплотнения поршня

Ответ:

- 1 – Б
- 2 – А
- 3 – В
- 4 – Г

12. Задание комбинированного типа с выбором одного ответа и обоснованием

Радиально-поршневой насос (эксцентриситет $e = 3$ мм, диаметр поршня $d=20$ мм, число поршней $z=7$, частота вращения $n=1500$ об/мин) имеет теоретическую подачу $Q_{\text{теор}}$.

Коэффициент подачи $\eta_{\text{об}}=0,92$. Рассчитайте фактическую подачу (л/мин).

1. 12,4 л/мин
2. 18,3 л/мин
3. 22,1 л/мин
4. 29,6 л/мин

Ответ: 3

Обоснование: Для радиально-поршневого насоса с односторонним всасыванием $Q_{\text{теор}} = z \cdot (\pi \cdot d^2/4) \cdot (2 \cdot e) \cdot n/60 = 7 \cdot (3,14 \cdot 0,02^2/4) \cdot (2 \cdot 0,003) \cdot 1500/60 = 7 \cdot (3,14 \cdot 0,0004/4) \cdot 0,006 \cdot 1500/60 = 7 \cdot 0,000314 \cdot 0,006 \cdot 25 = 7 \cdot 0,000314 \cdot 0,15 = 7 \cdot 0,0000471 = 0,0003297 \text{ м}^3/\text{с} = 19,78 \text{ л/мин}$. Умножаем на $\eta_{\text{об}}=0,92 \rightarrow 18,2 \text{ л/мин}$. Ближайший ответ 18,3 л/мин (вариант 2). Пересчитаем точнее: $0,000314 \cdot 0,006 = 1,884 \cdot 10^{-6}$, умножить на $1500/60=25 \rightarrow 1,884 \cdot 10^{-6} \cdot 25 = 4,71 \cdot 10^{-5}$, умножить на $7 = 3,297 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{с} = 19,78 \text{ л/мин}$; $19,78 \cdot 0,92 = 18,2 \rightarrow$ Ответ 2. В вариантах 18,3 – верный 2.

13. Задание открытого типа с развёрнутым ответом

Составьте алгоритм определения остаточного ресурса шестерённого насоса типа НШ-32У по результатам стендовых испытаний. Какие параметры необходимо измерить? Приведите допускаемые отклонения от паспортных значений.

Ответ (эталон):

Алгоритм:

1. Демонтировать насос и установить на испытательный стенд.
2. Измерить:
 - Подачу Q при номинальном давлении и оборотах (расходомером).
 - Объёмный КПД $\eta_{\text{об}} = Q_{\text{факт}}/Q_{\text{теор}}$.
 - Давление всасывания и нагнетания.
 - Температуру корпуса и сливного масла.
 - Вибрацию в контрольных точках.
3. Сравнить с паспортом: Q не менее 95% паспортной, $\eta_{\text{об}}$ не менее 0,85 (для нового 0,92).
4. По тренду снижения КПД (например, замеры раз в полгода) экстраполировать ресурс до достижения $Q = 85\%$ от номинала – считать это предельным состоянием.

Допуски:

- Падение подачи более 10% от номинала – плановый ремонт.
- Падение более 20% – немедленная замена.
- Вибрация $> 4,5 \text{ мм/с}$ – внеплановый ремонт.

14. Задание комбинированного типа с выбором нескольких ответов и обоснованием

Какие параметры необходимо контролировать при профилактическом осмотре поворотного гидродвигателя (шиберного) на металлургическом кране для оценки его остаточного ресурса? (выбрать все)

1. Угол поворота вала (реальный vs номинальный)
2. Время поворота на заданный угол (скорость)
3. Уровень вибрации корпуса двигателя
4. Давление срабатывания тормозного клапана
5. Концентрацию воды в масле

Ответ: 1, 2, 3, 5

Обоснование: Для шиберного двигателя критичны: угол поворота (износ упоров), скорость (зависит от внутренних утечек), вибрация (износ шиберов), вода в масле (коррозия). Тормозной клапан – отдельный элемент гидросистемы, не относится к двигателю.

15. Задание закрытого типа на установление последовательности

Расположите операции по проверке технического состояния компрессора поршневого типа (пневмосистемы тормозов крана) в порядке выполнения при еженедельном осмотре:

1. Слив конденсата из ресивера
2. Проверка давления срабатывания реле давления
3. Визуальный осмотр на утечки воздуха по соединениям
4. Прослушивание клапанов на наличие стуков и хлопков

Ответ: 3 → 1 → 2 → 4

16. Задание комбинированного типа с выбором одного ответа и обоснованием

При оценке остаточного ресурса аксиально-поршневого насоса гидропривода прокатной клетки было зафиксировано снижение объёмного КПД до 0,78 (паспортный 0,94). Нарботка насоса 12000 часов. Паспортный ресурс до капитального ремонта – 10000 часов.

Рекомендация:

1. Эксплуатировать до плановой замены через 2000 часов
2. Немедленно заменить насос (превышен ресурс)
3. Заменить только уплотнения и продолжить эксплуатацию
4. Провести внеплановый капитальный ремонт

Ответ: 4

Обоснование: Фактическая наработка превысила паспортный ресурс на 20%, объёмный КПД упал ниже 0,8 – это свидетельствует о значительном износе пар трения (блок цилиндров,

распределитель). Требуется капитальный ремонт с заменой основных деталей. Эксплуатация опасна внезапным отказом.

17. Задание открытого типа (средний уровень)

Рассчитайте требуемую подачу насоса для гидроцилиндра подъёма ковша МНЛЗ, если время подъёма $t=5$ с, рабочий объём цилиндра $V_{\text{раб}}=12$ л, коэффициент утечек $K_{\text{ут}}=0,05$. Определите класс чистоты масла по ISO 4406, если паспорт насоса требует 18/15. Дайте пояснение.

Ответ:

Потребная подача $Q = V_{\text{раб}} / t = 12 \text{ л} / 5 \text{ с} = 2,4 \text{ л/с} = 144 \text{ л/мин}$.

С учётом утечек $Q_{\text{нас}} = Q / (1 - K_{\text{ут}}) = 144 / 0,95 \approx 151,6 \text{ л/мин}$.

Класс чистоты ISO 4406 18/15 означает: количество частиц ≥ 4 мкм – 18 класс (от 2500 до 5000 частиц/мл), ≥ 6 мкм – 15 класс (от 640 до 1300). Для аксиально-поршневого насоса требуется чистота не хуже 18/15, иначе ресурс резко падает. При осмотре нужно взять пробу масла и проанализировать в счетчике частиц.

18. Задание на установление соответствия

Установите соответствие между типом пневмодвигателя (пневмомотора) и способом проверки его технического состояния без разборки.

Тип	Способ проверки
1. Пластинчатый пневмомотор	А. Измерение расхода воздуха при холостом ходе (характеристика утечек)
2. Поршневой пневмомотор	Б. Контроль равномерности вращения (виброскоп)
3. Винтовой пневмомотор	В. Анализ масла в отработанном воздухе (содержание аэрозоля)
4. Пневмоцилиндр	Г. Измерение времени переключения под нагрузкой

Ответ:

1 – Б (для пластинчатого важна равномерность)

2 – А (поршневой – утечки через клапаны)

3 – В (винтовой – масло в выхлопе)

4 – Г (цилиндр – время переключения)

19. Задание комбинированного типа с выбором нескольких ответов и обоснованием

При осмотре гидрораспределителя (золотникового, с электромагнитным управлением) выявлено увеличенное время переключения (200 мс вместо паспортных 50 мс). Какие наиболее вероятные причины? (выбрать все)

1. Загрязнение золотника механическими частицами

2. Повышенное сопротивление в цепи питания электромагнита (снижение напряжения)
3. Износ рабочей кромки золотника (увеличение зазора)
4. Низкий уровень масла в баке
5. Заедание возвратной пружины

Ответ: 1, 2, 5

Обоснование: Загрязнение и заедание пружины увеличивают трение, а пониженное напряжение снижает силу электромагнита. Износ кромки обычно уменьшает время, а не увеличивает. Уровень масла не влияет на время переключения распределителя (если на линии питания есть давление).

20. Задание открытого типа (средний уровень)

Составьте типовую ведомость дефектации (перечень контролируемых параметров) для винтового насоса, работающего на густой пластичной смазке системы централизованной смазки подшипников прокатного стана. Укажите для каждого параметра метод контроля и допустимые пределы.

Ответ (эталон):

Параметр	Метод контроля	Допустимые пределы
Производительность (подача)	Расходомер на выходе	Не менее 90% паспортной
Давление нагнетания	Манометр	В пределах (0,9-1,1)·Рном
Температура корпуса	Термопара/пирометр	≤ 70°C
Уровень вибрации	Виброметр (СКЗ)	≤ 4,5 мм/с
Внешние утечки смазки	Визуально, сальники	Не допускаются
Состояние фильтра на входе	Перепад давления	$\Delta p \leq 0,2$ МПа
Качество смазки (наличие воды, продуктов износа)	Лабораторный анализ (ежемесячно)	Содержание железа ≤ 0,01 ppm

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

21. Задание открытого типа с развёрнутым ответом

Разработайте методику прогнозирования остаточного ресурса аксиально-поршневого насоса гидропривода главной линии клетки кварто стана 2000 на основе анализа тренда изменения

объёмного КПД. Исходные данные: паспортный ресурс 25000 ч, плановые замеры КПД: после 5000 ч – 0,94; 10000 ч – 0,92; 15000 ч – 0,89; 20000 ч – 0,85. Критический уровень КПД = 0,80 (предотказовое состояние). Постройте линейную регрессию, определите остаточный ресурс и сформулируйте рекомендацию по организации ремонта.

Ответ (эталон):

Анализ:

Построим зависимость КПД от наработки:

Точки: (5000; 0,94), (10000; 0,92), (15000; 0,89), (20000; 0,85).

Среднее снижение за 15000 ч: $(0,94 - 0,85) = 0,09$; скорость снижения = $0,09 / 15000 = 0,000006$ на час.

Линейная экстраполяция: до критического 0,80 нужно снижение на 0,05 от 0,85.

Оставшаяся наработка = $0,05 / 0,000006 \approx 8333$ часа.

Остаточный ресурс ≈ 8000 часов.

Рекомендация:

- Планировать капитальный ремонт насоса через 8000 часов (или в течение ближайших 2-3 месяцев при непрерывной работе).
- Увеличить периодичность замеров КПД до 1 раза в месяц для контроля ускорения износа.
- Рассмотреть возможность установки нового насоса на период ремонта (резервный).

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

При проверке технического состояния двух одинаковых шестерённых насосов (работают параллельно в системе смазки) получены значения вибрации: насос №1 – 3,2 мм/с, насос №2 – 6,8 мм/с. Вибронорма по ISO 10816-3 для насосов данной мощности – 4,5 мм/с (предел В). Что следует предпринять?

1. Продолжить эксплуатацию обоих насосов
2. Остановить насос №2 и провести его ремонт (вибрация выше нормы)
3. Остановить насос №1 и отремонтировать его (меньшая вибрация)
4. Заменить оба насоса

Ответ: 2

Обоснование: Насос №2 превысил допустимую вибрацию ($6,8 > 4,5$). Это указывает на дефект (износ подшипников, дисбаланс, кавитацию), который может привести к разрушению. Насос №1 работает в норме. Необходимо остановить №2 и провести дефектацию.

23. Задание закрытого типа на установление последовательности (сложное)

Расположите этапы организации профилактического осмотра гидравлической системы поворота ковша (включая насос, распределитель, гидромотор) с оформлением документации по ЕСКД и внутренними регламентами предприятия:

1. Составление графика осмотров на месяц
2. Проведение осмотра с записью параметров в журнал
3. Получение наряда-допуска от начальника цеха

4. Анализ результатов и выдача предписания на устранение дефектов
5. Остановка оборудования и сброс давления

Ответ: 1 → 3 → 5 → 2 → 4

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

Какие неисправности пластинчатого насоса могут быть выявлены при спектральном анализе вибрации (без разборки)? (выбрать все)

1. Износ подшипников ротора – пик на частоте вращения и её гармониках
2. Заклинивание пластины – ударные пики на частоте $n \cdot z$ (n – обороты, z – число пластин)
3. Кавитация – широкополосный высокочастотный шум (> 10 кГц)
4. Повышенная вязкость масла – изменение пика на частоте 50 Гц
5. Ослабление фланцевого соединения – частота 100 Гц

Ответ: 1, 2, 3

Обоснование: Спектральный анализ позволяет идентифицировать подшипники (дефект сепаратора, беговых дорожек), заклинивание пластин (частота $n \cdot z$), кавитацию (белый шум). Вязкость масла не даёт характерной частоты, ослабление фланца – внешний дефект.

25. Задание открытого типа (интегральное, высший уровень)

Предложите комплексную систему организации текущего ремонта и проверки технического состояния группы из трёх радиально-поршневых насосов (основной, резервный, ремонтный) гидропривода ножниц горячей резки. Разработайте: 1) циклограмму проведения плановых осмотров (ПО) и текущих ремонтов (ТР) с учётом сменности работы (3 смены, 7 дней в неделю); 2) перечень обязательного контрольно-измерительного оборудования для диагностики; 3) форму оперативного журнала (не менее 5 строк параметров).

Ответ (эталон):

1. Циклограмма:

- **ПО** (еженедельно, каждую субботу в 8:00): визуальный осмотр, замер вибрации, температуры, давления, уровня масла.
- **ТР** (1 раз в 3 месяца, продолжительность 16 часов): замена фильтров, проверка уплотнений, контроль внутренних утечек (расход на сливе), при необходимости – замена подшипников.
- **Чередование насосов:** основной – 2 недели, затем резервный (для равномерного износа). Ремонтный – резерв для замены.

2. Оборудование для диагностики:

- Виброметр (СКЗ, пик-фактор).
- Термопара контактная / тепловизор.
- Расходомер (ультразвуковой накладной).

- Счетчик частиц масла (портативный).
- Стетоскоп электронный.

3. Форма журнала (строки):

Дата	Насос	Вибрация, мм/с	Температура, °С	Давление, МПа	Расход на сливе, л/мин	Заключение
15.04	№1 осн	3,2	58	16,1	2,4	Норма
15.04	№2 рез	2,8	55	0 (стоп)	0	Норма
22.04	№1 осн	4,1	65	15,8	3,0	Внимание (рост вибрации)

Примечание: При превышении вибрации >4,5 мм/с – внеплановая остановка и дефектация.

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

1. Задание закрытого типа на установление соответствия

Установите соответствие между видом технической документации (по ЕСКД) и её содержанием применительно к гидроприводу металлургической машины.

Вид документации	Содержание
1. Сборочный чертёж гидромотора	А. Перечень всех деталей с указанием материала, количества
2. Спецификация	Б. Изображение узла с посадками, размерами и номерами позиций
3. Ремонтный чертёж корпуса насоса	В. Эскиз детали с размерами после восстановления
4. Технологическая карта разборки	Г. Последовательность действий, инструмент, усилия

Ответ:

- 1 – Б
2 – А
3 – В
4 – Г

2. Задание закрытого типа на установление последовательности

Расположите этапы разработки чертежа гидроцилиндра двустороннего действия в системе КОМПАС-3D в правильном порядке:

1. Создание 3D-модели штока и поршня
2. Вычерчивание сборочного чертежа со спецификацией
3. Простановка размеров, допусков и обозначений шероховатости

4. Построение 3D-модели гильзы и крышек
5. Сборка узла и проверка соосности

Ответ: 1 → 4 → 5 → 3 → 2

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

Какой документ согласно ЕСКД регламентирует правила обозначения условных графических элементов на принципиальной гидравлической схеме?

1. ГОСТ 2.105-95
2. ГОСТ 2.704-76 (ЕСКД. Правила выполнения гидравлических и пневматических схем)
3. ГОСТ 12.2.003-91 (ССБТ)
4. РД 03-444-02

Ответ: 2

Обоснование: ГОСТ 2.704-76 устанавливает условные обозначения гидроаппаратов, насосов, цилиндров на принципиальных схемах. Остальные стандарты – общие требования к текстовым документам, безопасности и промышленной безопасности.

4. Задание открытого типа (краткий ответ)

Назовите три обязательных раздела, которые должны быть включены в «Руководство по эксплуатации» аксиально-поршневого насоса согласно требованиям ЕСКД и технического регламента.

Ответ:

1. Технические характеристики и параметры (подача, давление, частота вращения).
2. Устройство и принцип работы (схема, состав узлов).
3. Меры безопасности и порядок технического обслуживания (смазка, замена фильтров, периодичность осмотров).

5. Задание комбинированного типа с выбором нескольких вариантов и обоснованием

Какие элементы гидравлической схемы должны быть обязательно пронумерованы на сборочном чертеже гидростанции прокатного стана? (выбрать все)

1. Насосы
2. Фильтры
3. Предохранительные клапаны
4. Все трубопроводы с указанием наружного диаметра
5. Болты крепления насоса к раме

Ответ: 1, 2, 3, 4

Обоснование: На сборочном чертеже гидростанции позиции присваиваются всем основным элементам (насосы, фильтры, клапаны). Трубопроводы также нумеруют (или обозначают линиями). Болты крепления обычно не нумеруют, они входят в спецификацию сборочной единицы (насос в сборе).

6. Задание закрытого типа на установление соответствия

Установите соответствие между обозначением на гидравлической схеме (по ГОСТ 2.704) и типом аппарата.

Обозначение	Аппарат
1. Квадрат с линией, пересечённой стрелкой	А. Гидрораспределитель (золотник)
2. Круг с заштрихованным сектором	Б. Предохранительный клапан
3. Условное обозначение «треугольник»	В. Насос нерегулируемый

4. Прямоугольник с диагональю и стрелкой

Г. Фильтр

Ответ:

- 1 – А (золотник – квадрат с позициями)
- 2 – Г (фильтр – круг с сеткой или штриховкой)
- 3 – В (треугольник – насос)
- 4 – Б (клапан – прямоугольник с диагональю и стрелкой)

7. Задание открытого типа (краткий ответ)

Что такое «ремонтный чертёж» гидроцилиндра и чем он отличается от чертежа общего вида?

Ответ: Ремонтный чертёж – это чертёж детали (или узла), на котором указаны размеры, допуски и способы восстановления после износа (например, припуски под наплавку, ремонтные размеры). От чертежа общего вида отличается тем, что содержит информацию о ремонтных допусках, а не о номинальных заводских размерах.

8. Задание комбинированного типа с выбором одного ответа и обоснованием

В рабочей документации на модернизацию гидропривода требуется заменить существующий пластинчатый насос на аксиально-поршневой с большей производительностью. Какой документ должен быть разработан в первую очередь для обоснования возможности установки?

- 1. Технологическая карта демонтажа
- 2. Расчёт гидравлических потерь и мощности
- 3. План эвакуации персонала
- 4. Акт приёмки оборудования

Ответ: 2

Обоснование: Замена насоса на более производительный требует проверки пропускной способности трубопроводов, фильтров, теплоотвода – это гидравлический расчёт. Без него нельзя обосновать работоспособность.

9. Задание закрытого типа на установление последовательности

Расположите операции по оформлению комплекта документации на текущий ремонт шестерённого насоса в правильной последовательности:

- 1. Разработка ведомости дефектации
- 2. Составление заявки на запасные части
- 3. Выполнение чертежа сборочной единицы после ремонта
- 4. Оформление акта приёмки из ремонта
- 5. Утверждение графика ТР главным инженером

Ответ: 5 → 1 → 2 → 3 → 4

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

Какие разделы обязательно должны присутствовать в «Технологической карте на разборку и сборку пластинчатого насоса»? (выбрать все)

- 1. Содержание операции
- 2. Оборудование и приспособления
- 3. Режимы сварки (для наплавки)
- 4. Перечень инструмента
- 5. Технические требования (моменты затяжки, зазоры)

Ответ: 1, 2, 4, 5

Обоснование: Технологическая карта ремонта включает перечень операций, оборудование, инструмент и техтребования. Режимы сварки нужны, только если ремонт включает наплавку, но не для разборки/сборки.

11. Задание закрытого типа на установление соответствия

Установите соответствие между типом пневмодвигателя и обозначением его конструктивных особенностей в технической документации.

Тип	Особенность обозначения
1. Пневмоцилиндр двустороннего действия	А. «Пневмомотор пластинчатый, 16 см³/об»
2. Пластинчатый пневмомотор	Б. «Цилиндр 80×500, давление 0,6 МПа»
3. Винтовой компрессор	В. «Степень сжатия 8, производительность 10 м³/мин»
4. Поршневой пневмомотор	Г. «Момент 50 Н·м, частота вращения 300 об/мин»

Ответ:

- 1 – Б
- 2 – А
- 3 – В
- 4 – Г

12. Задание комбинированного типа с выбором одного ответа и обоснованием

При разработке спецификации на гидрораспределитель (золотниковый, 4/3) необходимо указать условный проход. По какой формуле рассчитывается условный проход (D_y) для распределителя, если расход $Q=80$ л/мин, допустимая скорость жидкости $v=6$ м/с?

1. $D_y = 4 \cdot Q / (\pi \cdot v)$
2. $D_y = \sqrt{4 \cdot Q / (\pi \cdot v \cdot 1000)}$
3. $D_y = Q / (v \cdot \pi)$
4. $D_y = 2 \cdot Q / (\pi \cdot v)$

Ответ: 2

Обоснование: D_y (мм) = $\sqrt{(4 \cdot Q \cdot 10^6 / (\pi \cdot v \cdot 60))}$ после перевода Q в л/мин и v в м/с. Упрощённо: $D_y \approx 15 \cdot \sqrt{(Q/v)}$. Для $Q=80$, $v=6$: $\sqrt{(4 \cdot 80 \cdot 1000 / (3,14 \cdot 6 \cdot 60))} = \sqrt{(320000 / (1130,4))} = \sqrt{283} = 16,8$ мм.

Ближайший стандартный 16 или 20 мм.

13. Задание открытого типа с развёрнутым ответом

Составьте образец «Операционной карты» для операции «Замена уплотнений поршня гидроцилиндра» с указанием: содержание перехода, оборудование, инструмент, нормы времени (условные), контроль. Используйте требования ЕСТД.

Ответ (эталон):

№	Содержание перехода	Оборудование	Инструмент	Норма времени, мин	Контроль
1	Снять крышку цилиндра, извлечь поршень	Стенд для разборки	Ключи гаечные, съёмник	15	Отсутствие задиров
2	Выпрессовать поршневые кольца	Гидравлический пресс (10 т)	Оправка	10	Целостность кольцевых канавок

№	Содержание перехода	Оборудование	Инструмент	Норма времени, мин	Контроль
3	Установить новые уплотнительные кольца (манжеты)	-	Монтажная лопатка	20	Герметичность (проверка мыльным раствором)
4	Собрать цилиндр, затянуть крышку	-	Динамометрический ключ (момент 200 Н·м)	10	Соответствие усилия
5	Опрессовка давлением 1,25·Рраб	Гидростанция	Манометр	15	Отсутствие течи 5 мин

14. Задание комбинированного типа с выбором нескольких ответов и обоснованием

Какие позиции должны быть включены в ведомость покупных изделий (спецификацию) при модернизации гидропривода с заменой насоса и предохранительного клапана? (выбрать все)

1. Насос аксиально-поршневой, тип 210.12
2. Предохранительный клапан, тип Г54-34
3. Фланцевые соединения (при необходимости)
4. Фундаментные болты
5. Уплотнительные кольца (комплект)

Ответ: 1, 2, 3, 5

Обоснование: В спецификацию покупных изделий входят все новые элементы: насос, клапан, фланцы, уплотнения (стандартные). Фундаментные болты обычно относят к монтажной оснастке, но могут быть включены. Однако чаще их не указывают, если они входят в комплект поставки. Примем 1,2,3,5 как полные.

15. Задание закрытого типа на установление последовательности

Расположите этапы разработки принципиальной гидравлической схемы привода механизма поворота ковша (с аксиально-поршневым насосом и гидромотором) в правильном порядке:

1. Выбор гидроаппаратуры (распределители, клапаны, дроссели)
2. Определение параметров (давление, расход) по нагрузке
3. Вычерчивание схемы с условными обозначениями
4. Расчет диаметров трубопроводов
5. Согласование схемы с главным конструктором

Ответ: 2 → 1 → 4 → 3 → 5

16. Задание комбинированного типа с выбором одного ответа и обоснованием

При разработке чертежа детали «Плунжер радиально-поршневого насоса» по ЕСКД (ГОСТ 2.109-73) основная надпись (штамп) должна содержать графу «Масса». Для чего это требуется?

1. Для расчёта центровки ротора
2. Для заполнения паспорта и расчёта металлоёмкости
3. Для определения момента инерции
4. Для подбора тары при упаковке

Ответ: 2

Обоснование: Масса детали указывается в основной надписи чертежа для учёта материалоёмкости, формирования спецификаций и паспортов, а также для расчёта заготовок.

17. Задание открытого типа (средний уровень)

Разработайте перечень контрольных операций и допустимых отклонений для «Программы и методики испытаний (ПМИ)» гидроцилиндра после капитального ремонта. Укажите не менее четырёх параметров, методы их контроля и критерии приёмки.

Ответ (эталон):

Параметр	Метод контроля	Критерий приёмки
Герметичность (внешние утечки)	Визуально, обтирка	Отсутствие капель при давлении 1,25 Рном в течение 5 мин
Внутренние перетечки (КПД)	Измерение расхода на сливной линии при запёртом штоке	Не более 5% от номинальной подачи
Скорость перемещения штока при холостом ходе	Секундомер, датчик хода	Отклонение не более $\pm 5\%$ расчётной
Шероховатость поверхности штока	Профилометр	$Ra \leq 0,32$ мкм

18. Задание на установление соответствия

Установите соответствие между типом ремонтного допуска (по ЕСКД) и его обозначением на чертеже.

Тип допуска	Обозначение
1. Ремонтный размер с увеличением	А. «Ремонт – наплавка, шлифовка до $\varnothing 30h6$ »
2. Ремонтный размер с уменьшением	Б. «Отверстие $\varnothing 60P-1$ (пояснение: $+0,1$)»
3. Восстановление без изменения размера	В. «Нанести покрытие 0,2 мм, шлифовать до номинала»
4. Допуск на остаточную деформацию	Г. «Биение не более 0,05 мм после правки»

Ответ:

1 – Б (например, расточка отверстия)

2 – А (наплавка вала)

3 – В

4 – Г

19. Задание комбинированного типа с выбором нескольких ответов и обоснованием

Какие документы входят в комплект рабочей документации на модернизацию пневмопривода (замена пневмоцилиндра с поршневым на бесштоковый) в соответствии с ЕСКД и отраслевыми стандартами? (выбрать все)

1. Пояснительная записка (обоснование модернизации)
2. Сборочный чертёж узла крепления нового цилиндра
3. Технологическая карта демонтажа старого цилиндра
4. Протокол измерения шума
5. Акт о списании старого цилиндра

Ответ: 1, 2, 3
Обоснование: Комплект РД включает пояснительную записку, чертежи, технологические карты. Протокол шума – не обязателен (если не требуется специальный контроль). Акт списания – бухгалтерский документ, не входит в конструкторскую документацию.

20. Задание открытого типа (средний уровень)

Создайте эскиз (словесное описание) «Карты эскизов» для дефектации корпуса пластинчатого насоса. Укажите, какие размеры и параметры должны быть проконтролированы, какие допуски.

Ответ (эталон):

Карта эскизов содержит:

1. Эскиз корпуса (вид сверху, разрез А-А):

- Внутренний диаметр статора (D) – номинал 100 мм, допуск +0,02; износ до 0,05 мм – ремонт напылением.
- Шероховатость рабочей поверхности Ra 0,32 мкм (измерять профилометром).
- Плоскостность торцевых крышек – допуск 0,02 мм на 100 мм.
- Состояние окон всасывания/нагнетания – отсутствие заусенцев.

2. Таблица замеров:

Контролируемый параметр	Номинальное значение, мм	Фактическое	Допуск, мм	Заключение
Диаметр статора	100,00	100,06	+0,05	Ремонт
Биение торца	0,02	0,07	0,05	Ремонт

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

21. Задание открытого типа с развёрнутым ответом

Разработайте структуру «Альбома ремонтных чертежей» для аксиально-поршневого насоса (тип 210.12). Перечислите все обязательные листы (не менее 7). Для каждого листа укажите: наименование, масштаб, что изображается, какие размеры проставляются.

Ответ (эталон):

№ листа	Наименование	Масштаб	Что изображено	Размеры
1	Корпус насоса	1:1	Виды спереди, сверху, разрез	Габаритные, посадочные отверстия, допуски соосности
2	Блок цилиндров	2:1	Разрез, вид на окна	Диаметры отверстий под поршни, их отклонения
3	Поршень (плунжер)	4:1	Продольный разрез, форма головки	Диаметр, длина, шероховатость, ремонтный допуск под хромирование
4	Распределительный диск	2:1	Плоский вид, окна, пазы	Угловое расположение окон, толщина (при износе)

№ листа	Наименование	Масштаб	Что изображено	Размеры
5	Вал насоса	1:1	Детализировка шлицев, подшипниковых шеек	Посадочные диаметры, биение, ремонтные наплавки
6	Крышка и фланец	2:1	Эскиз, прокладка	Отверстия под болты, допуск плоскостности
7	Сборочный чертёж насоса (ремонтный)	1:1	Сборочная единица	Размеры, обеспечивающие сборку, зазор между деталями

22. Задание комбинированного типа с выбором одного ответа и обоснованием (высокий)
В технической документации на капитальный ремонт гидроцилиндра указано: «После сборки провести гидравлическое испытание давлением $1,25 \cdot P_{ном}$, выдержка 3 минуты, падение давления не более 5%». Если номинальное давление 25 МПа, а испытательный стенд показывает начальное давление 31 МПа, через 3 минуты – 29 МПа. Годен ли цилиндр?

1. Да, падение давления допустимо
2. Нет, превышено допустимое падение
3. Нет, начальное давление меньше требуемого
4. Да, но требуется повторное испытание

Ответ: 2

Обоснование: Требуемое начальное давление $1,25 \cdot 25 = 31,25$ МПа. Стенд дал 31 МПа – незначительное занижение (0,8%), можно считать допустимым. Падение на 2 МПа составляет $2/31 \approx 6,45\%$, что превышает 5%. Следовательно, цилиндр негерметичен.

23. Задание закрытого типа на установление последовательности (сложное)
Расположите этапы разработки и утверждения «Инструкции по эксплуатации пневмоцилиндра привода ножниц горячей резки» согласно системе менеджмента качества (ИСО 9001) и внутренним регламентам предприятия:

1. Согласование с отделом главного механика
2. Написание проекта инструкции (технологом)
3. Утверждение главным инженером
4. Регистрация и выдача в цеха
5. Нормоконтроль и проверка соответствия ЕСКД

Ответ: 2 → 5 → 1 → 3 → 4

24. Задание комбинированного типа с выбором нескольких ответов и обоснованием (высокий)
Какие данные должны быть приведены в ведомости дефектации для винтового насоса, чтобы на её основе можно было разработать ремонтную документацию? (выбрать все)

1. Номер детали по спецификации
2. Фактический размер изношенной поверхности
3. Номинальный размер по чертежу
4. Предполагаемая стоимость нового насоса
5. Рекомендуемый способ восстановления

Ответ: 1, 2, 3, 5

Обоснование: Ведомость дефектации содержит идентификацию детали, номинальный и фактический размеры, а также решение (ремонт или замена). Стоимость не является технической характеристикой.

25. Задание открытого типа (интегральное, высший уровень)

Спроектируйте полный пакет рабочей документации для модернизации пневмопривода устройства загрузки шихты в печь: замена существующего пневмоцилиндра (поршневой, 100×500) на более быстродействующий (цилиндр с увеличенным сечением штоковой полости) и установка дополнительного регулятора расхода воздуха. Перечислите все чертежи, расчёты, инструкции и согласования. Опишите содержание каждого документа.

Ответ (эталон):

- 1. Техническое задание (ТЗ):** цель – сокращение времени загрузки на 30%.
- 2. Пояснительная записка:** обоснование выбора нового цилиндра, расчёт усилий и скорости (формулы).
- 3. Сборочный чертёж нового цилиндра** с монтажными размерами (привязка к существующим кронштейнам).
- 4. Принципиальная пневматическая схема** – новый регулятор расхода (дроссель с обратным клапаном) на входе в штоковую полость.
- 5. Расчёт расхода сжатого воздуха** (л/мин) для нового цилиндра и проверка производительности компрессора.
- 6. Технологическая карта монтажа** – демонтаж старого, установка нового, прокладка трубопроводов.
- 7. Программа пусконаладочных работ** – регулировка скорости, проверка на ударные нагрузки.
- 8. Инструкция по эксплуатации** – новый раздел по настройке дросселя, периодичность очистки.
- 9. Спецификация** – позиции: цилиндр, регулятор, фитинги.

Согласования:

- С главным механиком – интеграция в ППР.
- С энергетиком – дополнительный расход воздуха.
- С начальником цеха – остановка печи на время монтажа.