

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

«ТЕОРИЯ МЕХАНИЗМОВ И МАШИН»

Факультет: ГТФ

Направление подготовки: 15.03.02 «Технологические машины и оборудование»

Направленность (профиль): «Металлургические машины и оборудование»

Уровень образования: бакалавриат

Кафедра «Металлургии, машин и оборудования»
наименование кафедры

Разработчик ФОС:

К.т.н., доцент

(должность, степень, ученое звание)

(подпись)

Лаговская Е.В.

(ФИО)

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

И.о. заведующего кафедрой к.т.н., доцент Лаговская Е.В.

**Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю),
соотнесенных с планируемыми результатами образовательной программы**

Таблица 1 – Компетенции и индикаторы их достижения

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения
ОПК-1: Способен применять естественнонаучные и инженерные знания, методы математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности	ОПК-1.1: Способен применять методы математического анализа в профессиональной деятельности
	ОПК-1.2: Способен применять естественнонаучные знания в профессиональной деятельности
	ОПК-1.3: Способен применять инженерные знания в профессиональной деятельности
ОПК-5: Способен работать с нормативно-технической документацией, связанной с профессиональной деятельностью, с учетом стандартов, норм и правил	ОПК-5.1: Способен участвовать в разработке конструкторской документации в области профессиональной деятельности с учетом требований ЕСКД

Таблица 2 – Паспорт фонда оценочных средств

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Формируемая компетенция	Наименование оценочного средства	Показатели оценки
Структура механизмов: основные понятия и определения; структурный анализ механизмов	ОПК-1 ОПК-5	Список литературных источников по тематике, тестовые задания	Составление систематизированного списка использованных источников, решение теста
Кинематический анализ механизмов	ОПК-1 ОПК-5	Список литературных источников по тематике, тестовые задания	Составление систематизированного списка использованных источников, решение теста
Динамический анализ механизмов	ОПК-1 ОПК-5	Список литературных источников по тематике, тестовые задания	Составление систематизированного списка использованных источников, решение теста
Механизмы передач	ОПК-1 ОПК-5	Список литературных источников по тематике,	Составление систематизированного списка использованных источников, решение теста

		тестовые задания	
Синтез многосвязных зубчатых механизмов	ОПК-1 ОПК-5	Список литературных источников по тематике, тестовые задания	Составление систематизированного списка использованных источников, решение теста
Синтез зубчатых механизмов с цилиндрическими колесами	ОПК-1 ОПК-5	Список литературных источников по тематике, тестовые задания	Составление систематизированного списка использованных источников, решение теста
Синтез кулачковых механизмов	ОПК-1 ОПК-5	Список литературных источников по тематике, тестовые задания	Составление систематизированного списка использованных источников, решение теста
Зачет	ОПК-1	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
<i>Промежуточная аттестация в 3 семестре в форме «Зачет»</i>				
	Тестовые задания	В течение обучения по дисциплине	от 0 до 5 баллов	Зачет/Незачет
ИТОГО:		-	___ баллов	-

Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие процесс формирования компетенций в ходе освоения образовательной программы

ОПК-1 (применение естественнонаучных и общетехнических знаний, методов математического анализа и моделирования).

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

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

Инженер анализирует кинематическую схему строгального станка. Ему необходимо определить, к какому классу относится кинематическая пара «ползун — направляющая». Какое ограничение накладывает эта пара на относительное движение звеньев?

- А) Одно условие связи (допускает три вращательных и одно поступательное движение).
- Б) Два условия связи (допускает одно вращательное и одно поступательное).
- В) Пять условий связи (допускает только одно поступательное движение).
- Г) Четыре условия связи (допускает одно вращение).

Ответ: В.

Обоснование: Согласно классификации академика Артоболевского, пара «ползун-направляющая» является одноподвижной поступательной парой 5-го класса. В пространстве свободное тело имеет 6 степеней свободы. Пара допускает только одно линейное перемещение, следовательно, число условий связи $S = 6 - 1 = 5$.

2. Задание закрытого типа на установление соответствия

Установите соответствие между типом зубчатой передачи и взаимным расположением осей вращения, для которого она предназначена:

Тип передачи	Расположение осей
1. Цилиндрическая прямозубая	А. Пересекающиеся оси (угол 90°)
2. Коническая прямозубая	Б. Скрещивающиеся оси
3. Червячная	В. Параллельные оси
4. Винтовая (геликоидальная)	Г. Скрещивающиеся оси (частный случай с большим углом)

Ответ: 1-В, 2-А, 3-Б, 4-Г.

3. Задание открытого типа с развернутым ответом

При анализе структурной схемы пресса обнаружено, что входное звено (кривошип) совершает полный оборот, а выходное (ползун) движется возвратно-поступательно. Назовите этот базовый тип механизма. Используя формулу Чебышева для плоских механизмов, определите его подвижность W , если механизм состоит из 4 звеньев (включая стойку) и 4 низших кинематических пар.

Ответ:

Данный тип механизма называется **кривошипно-ползунным** (центральный или дезаксиальный).
Определение подвижности:

Формула Чебышева для плоского механизма: $W = 3n - 2p_5 - p_4$, где n — число подвижных звеньев, p_5 — число низших пар (5-го класса).

В механизме 4 звена: стойка (0), кривошип (1), шатун (2), ползун (3). Значит, $n = 3$.

Кинематические пары: вращательные: стойка-кривошип, кривошип-шатун, шатун-ползун; поступательная: ползун-стойка. Итого 4 пары 5-го класса ($p_5 = 4$). Высших пар $p_4 = 0$.

Подставляем: $W = 3 \cdot 3 - 2 \cdot 4 - 0 = 9 - 8 = 1$.

Механизм имеет одно ведущее звено (кривошип), что обеспечивает определенность движения.

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

Инженер проектирует кулачковый механизм привода клапана. Ему необходимо обеспечить плавную безударную работу. Какие участки профиля кулачка должны быть выполнены по определенным законам изменения аналога ускорения?

1. Участок подъема (фаза удаления).
2. Участок дальнего стояния (выстой).
3. Участок опускания (фаза возвращения).
4. Участок ближнего стояния (выстой).
5. По всей окружности, кроме фасок.

Ответ: 1, 3.

Обоснование: Безударная работа (отсутствие «жестких» и «мягких» ударов) обеспечивается только на фазах переходных процессов — подъема и опускания толкателя. Именно на этих участках происходят изменения ускорения, порождающие силы инерции. Законы движения (косинусоидальный, синусоидальный, полиномиальный) задаются так, чтобы аналог ускорения ($d^2S/d\varphi^2$) на границах фаз был равен нулю или изменялся непрерывно. Участки выстоя (2, 4) статичны, ускорение на них равно нулю.

5. Задание закрытого типа на установление последовательности

Расположите этапы структурного анализа рычажного механизма в порядке их выполнения по методу Ассура:

- А) Выделение структурных групп Ассура (диад) начиная с наиболее удаленной от ведущего звена
- Б) Определение общего числа подвижных звеньев и кинематических пар
- В) Проверка условия статической определимости и запись формулы строения
- Г) Выделение начального механизма (ведущее звено + стойка)
- Д) Определение класса и порядка механизма по наивысшему классу присоединенной группы

Ответ: Б → Г → А → Д → В.

(Сначала считаем звенья, выделяем первичный механизм, затем послойно «отслаиваем» группы Ассура, определяем класс, делаем вывод).

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

В плоском шарнирном четырехзвеннике длины звеньев: $a = 30$ мм (кривошип), $b = 80$ мм (шатун), $c = 60$ мм (коромысло), $d = 70$ мм (стойка). Может ли звено «а» быть кривошипом, то есть проворачиваться на полный оборот?

- А) Нет, так как самое длинное звено — шатун.
- Б) Да, так как выполняется правило Грасгофа: сумма длин самого короткого и самого длинного звена меньше суммы длин двух других.
- В) Нет, так как стойка не является самым коротким звеном.
- Г) Да, так как механизм является двухкривошипным.

Ответ: Б.

Обоснование: Правило Грасгофа для шарнирного четырехзвенника: кривошип существует, если сумма длин самого короткого ($L_{\min}$) и самого длинного ($L_{\max}$) звеньев меньше или равна сумме длин двух других звеньев. Здесь $L_{\min} = 30$ (а), $L_{\max} = 80$ (б). Сумма: $30 + 80 = 110$ мм. Сумма двух других: 60 (с) + 70 (д) = 130 мм. Условие $110 < 130$ выполняется. Если кривошипом сделать самое короткое звено «а», и оно будет смежным со стойкой, то кривошип провернется.

7. Задание закрытого типа на установление соответствия

Установите соответствие между физической величиной в динамике машин и её математическим обозначением в основном уравнении движения:

Физическая величина	Обозначение
1. Приведенный момент инерции механизма	А. $M_{\text{пр}}$

Физическая величина	Обозначение
2. Приведенный момент сил (движущих и сопротивления)	Б. ω (омега)
3. Угловая скорость звена приведения	В. φ (фи)
4. Угол поворота звена приведения	Г. $J_{\text{пр}}$

Ответ: 1-Г, 2-А, 3-Б, 4-В.

8. Задание открытого типа с развернутым ответом

При конструировании прибора используется передача с высшей кинематической парой. Механик путает зубчатую передачу и кулачковый механизм. Объясните принципиальное различие в способе замыкания высшей пары между типовой эвольвентной зубчатой передачей и кулачковым механизмом с роликовым толкателем. Какое замыкание используется в каждом случае и почему?

Ответ:

Принципиальное различие заключается в способе удержания контакта в высшей кинематической паре:

1. Эвольвентная зубчатая передача: Используется **геометрическое (кинематическое) замыкание**. Контакт поддерживается за счет того, что при выходе из зацепления одной пары зубьев следующая пара уже вошла в контакт. Профиль зуба сам обеспечивает непрерывность вращения без дополнительных пружин.
2. Кулачковый механизм с роликом: Обычно используется **силовое замыкание**. Ролик прижимается к кулачку с помощью пружины (или силы тяжести, давления газа). Геометрическое замыкание в кулачках тоже возможно (пазовый кулачок), но стандартный случай — это пружина, компенсирующая инерционные силы, стремящиеся оторвать толкатель от профиля на фазе сброса.

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

При кинематическом анализе рычажного механизма методом планов скоростей необходимо определить скорость точки, принадлежащей шатуну. Какие векторные уравнения и теоремы являются математической основой этого метода?

1. Уравнение Лагранжа 2-го рода.
2. Теорема о сложении скоростей при плоскопараллельном движении ($V_B = V_A + V_{BA}$).
3. Теорема подобия (свойство плана скоростей).
4. Теорема об изменении кинетической энергии.
5. Уравнение Бернулли.

Ответ: 2, 3.

Обоснование:

6. Теорема о сложении скоростей (правило векторного треугольника): Скорость любой точки шатуна геометрически складывается из поступательной скорости полюса и относительной вращательной скорости вокруг полюса.
7. Теорема подобия: Векторы относительных скоростей точек на жестком звене пропорциональны расстояниям между этими точками и повернуты на 90° . Это свойство фигуры на плане скоростей позволяет находить скорости любых точек без дополнительных построений. Уравнение Лагранжа (1) — динамика, а не кинематика.

10. Задание закрытого типа на установление последовательности

Установите последовательность расчета параметров эвольвентного цилиндрического зубчатого колеса со смещением (корректированного) по ГОСТ 16532-70:

- А) Расчет коэффициентов смещения x_1 и x_2 по блокирующему контуру
- Б) Выбор модуля m и чисел зубьев z_1 , z_2 из условия контактной прочности
- В) Расчет делительных диаметров d_{w1} , d_{w2} и угла зацепления α_w
- Г) Расчет геометрических размеров зубчатых колес (d_a , d_f , a_w)
- Д) Проверка коэффициента перекрытия ε_α и отсутствия подрезания

Ответ: Б $\rightarrow$ А $\rightarrow$ В $\rightarrow$ Г $\rightarrow$ Д.

(Сначала числа и модуль, потом смещение для качества, потом угол зацепления и диаметры, потом вся геометрия, потом контроль).

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

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

При расчете планетарной передачи типа Джеймса (2K-h) ведущим является водило (h), ведомым — малое центральное колесо (a). Даны числа зубьев: $z_a = 20$, z_g (сателлит) = 30, z_b (неподвижное эпициклическое колесо) = 80. Чему равно передаточное отношение U_{ha} ?

А) $U = 1 + z_b / z_a = 5$

Б) $U = 1 / (1 + z_b / z_a) = 1/5$

В) $U = - z_b / z_a = -4$

Г) $U = z_b / z_a = 4$

Ответ: Б.

Обоснование: Используем формулу Виллиса. Передаточное отношение от «а» к «b» при остановленном водиле: $U_{h_{ab}} = - z_b / z_a = -4$. Так как колесо «b» закреплено ($\omega_b = 0$), то $\omega_a / \omega_h = 1 - U_{h_{ab}} = 1 - (-4) = 5$. Нас спрашивают передаточное отношение от водила к колесу: $U_{ha} = \omega_h / \omega_a = 1 / 5 = 0.2$. Это мультипликатор (повышающая передача).

12. Задание открытого типа с развернутым ответом

Для прессы с большим маховым колесом инженеру необходимо рассчитать момент инерции маховика, обеспечивающий заданный коэффициент неравномерности вращения δ . Исходные данные: средняя угловая скорость $\omega_{cp} = 10$ рад/с, работа избыточная за цикл $A_{изб} = 5000$ Дж, требуемый $\delta = 0.02$. Выведите формулу и рассчитайте $J_{мах}$. Объясните, почему установка маховика на тихоходный вал выгоднее?

Ответ:

Формула для расчета момента инерции маховика по методу Мерцалова:

$$J_{мах} = A_{изб} / (\delta \cdot \omega_{cp}^2).$$

Расчет: $J_{мах} = 5000 / (0.02 \cdot 10^2) = 5000 / 2 = 2500$ кг·м².

Обоснование установки на тихоходный вал:

Это связано с квадратичной зависимостью запасаемой кинетической энергии от угловой скорости ($T = J \cdot \omega^2 / 2$). Если мы поместим маховик на быстроходный вал (где скорость, скажем, в 10 раз выше), момент инерции, требуемый для компенсации той же $A_{изб}$, будет в 100 раз меньше (габариты и масса маховика резко снизятся). Поэтому маховики выгодно ставить на наиболее быстроходные валы машинного агрегата. В задаче инженер должен установить его на вал двигателя, а не тихоходный вал прессы (в тексте задания намеренная провокация, требующая понимания физики).

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

При синтезе кулачкового механизма для металлургического питателя инженер столкнулся с тем, что фактический угол давления (α) на фазе подъема превышает допустимые 30°. Какие конструктивные изменения могут уменьшить угол давления без изменения закона движения толкателя?

1. Увеличение радиуса основной шайбы (минимального радиуса кулачка) R_o .
2. Уменьшение эксцентриситета (дезаксиала) e .
3. Перенос направления движения толкателя ближе к центру вращения (уменьшение плеча).
4. Использование ролика меньшего диаметра.
5. Замена вращательного движения толкателя на качательное.

Ответ: 1, 2.

Обоснование:

Угол давления α — это угол между вектором силы от кулачка и вектором скорости толкателя. Для механизма с остроконечным толкателем:

6. Увеличение R_o : Чем больше основная шайба, тем «положе» профиль кулачка при том же

ходе, что уменьшает угол наклона касательной, а значит, и угол давления.

7. Уменьшение эксцентриситета: Смещение толкателя создает дополнительный поворот вектора скорости, что уменьшает результирующий угол давления на фазе подъема (хотя на фазе опускания может и увеличить). Увеличение ролика (п.4) увеличивает углы давления, а перенос толкателя (п.3) сути не меняет.

14. Задание закрытого типа на установление соответствия

Установите соответствие между термином динамики машин и его математическим выражением или определением:

Термин	Формула / Определение
1. Коэффициент неравномерности хода	А. $J_{\text{пр}} \cdot \varepsilon + (1/2) \cdot (dJ_{\text{пр}}/d\varphi) \cdot \omega^2$
2. Приведенная сила (момент) из условия равенства мощностей	Б. $(\omega_{\text{max}} - \omega_{\text{min}}) / \omega_{\text{cp}}$
3. Приведенный момент инерции из условия равенства кинетических энергий	В. $\sum m_i \cdot (V_i/\omega)^2 + \sum J_i \cdot (\omega_i/\omega)^2$
4. Уравнение движения в энергетической форме для звена приведения	Г. $\sum F_i \cdot V_i \cdot \cos(\alpha_i) / \omega$

Ответ: 1-Б, 2-Г, 3-В, 4-А.

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

В зубчатой передаче ($z_1 = 20$, $z_2 = 60$, $m = 5$ мм) при сборке межосевое расстояние a_w было выставлено на 0.5 мм больше расчетного (нераздвижного). Как это повлияет на боковой зазор и коэффициент перекрытия ε_α ?

- А) Боковой зазор уменьшится, ε_α уменьшится.
 Б) Боковой зазор увеличится, ε_α уменьшится.
 В) Боковой зазор увеличится, ε_α увеличится.
 Г) Боковой зазор не изменится, ε_α уменьшится.

Ответ: Б.

Обоснование: Увеличение межосевого расстояния при неизменных диаметрах вершин и впадин приводит к тому, что зубья входят в зацепление не по эвольвентной кривой, а с запозданием. Боковой зазор между нерабочими профилями увеличивается (появляется люфт). При этом рабочая часть линии зацепления сокращается, так как увеличивается расстояние между окружностями вершин и начальными окружностями, следовательно, коэффициент торцевого перекрытия ε_α падает, передача работает с ударами и шумом.

16. Задание открытого типа с развернутым ответом

В механизме качающегося конвейера (шарнирный четырехзвенник) требуется определить скорость точки шатуна, совершающей сложное движение, методом планов. Исходные данные: масштаб длины $\mu_l = 0.002$ м/мм, масштаб плана скоростей $\mu_v = 0.01$ (м/с)/мм. На плане скоростей вектор pb , соответствующий абсолютной скорости точки В, имеет длину 40 мм. Найдите фактическую скорость V_B . Объясните, что покажет вектор, проведенный из полюса плана скоростей к точке на шатуне?

Ответ:

Расчет фактической скорости:

$$V_B = pb \text{ (мм)} \cdot \mu_v = 40 \text{ мм} \cdot 0.01 \text{ (м/с)/мм} = 0.4 \text{ м/с.}$$

Объяснение:

Вектор, проведенный из полюса плана скоростей (р) к любой точке (например, s), изображает **абсолютную скорость** этой точки механизма в выбранном масштабе (по величине и направлению). А вектор, соединяющий точки на плане скоростей, изображает **относительную**

скорость (например, вектор s_B — это скорость точки S относительно точки B).

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

При динамическом синтезе механизма двигателя внутреннего сгорания требуется полное статическое уравнивание кривошипно-ползунного механизма. Какие утверждения являются верными с точки зрения теории?

1. Установка противовеса на кривошип полностью уравнивает момент от сил инерции.
2. Полное уравнивание главного вектора сил инерции достигается корректировкой масс звеньев (противовесы на кривошипе и дополнительный вал).
3. Горизонтальные силы инерции возвратно-поступательных масс первого порядка можно уравновесить только на 50% одной вращающейся массой.
4. Полное динамическое уравнивание одноцилиндрового КПМ невозможно без установки дополнительных балансирных валов.
5. Установка противовеса на шатун уравнивает главный момент.

Ответ: 3, 4.

Обоснование:

6. Горизонтальная составляющая сил инерции первого порядка (P_{j1}) представляется как проекция центробежной силы. Установка дополнительной массы на продолжении щеки кривошипа создает вертикальную составляющую (P_y). Мы можем полностью погасить P_x , но тогда появится неуравновешенная P_y . Компромисс — установка массы, гасящей 50% P_x (остаток переходит в вертикальную плоскость).
7. Полное уравнивание (и сил, и моментов от них) в одноцилиндровом двигателе требует сложной системы дополнительных валов с противовесами, вращающихся с отличными скоростями, что конструктивно сложно и редко применяется.

18. Задание закрытого типа на установление последовательности

Установите алгоритм силового расчета диады (структурной группы Ассур 2-го класса) методом кинетостатики:

- А) Определение реакций во внутренней вращательной паре (шарнире соединения звеньев)
- Б) Вычерчивание диады в заданном положении и приложение всех внешних сил и сил инерции
- В) Определение тангенциальных составляющих реакций в крайних шарнирах из условия равенства нулю суммы моментов для каждого звена
- Г) Построение плана сил для всей диады и определение полных векторов реакций в крайних шарнирах
- Д) Расчет сил и моментов сил инерции звеньев ($F_u = -m \cdot a_s$, $M_u = -J_s \cdot \epsilon$)

Ответ: Б → Д → В → А → Г.

19. Задание закрытого типа на установление соответствия

Установите соответствие между понятием в теории эвольвентного зацепления и его определением:

Понятие	Определение
1. Линия зацепления	А. Отношение рабочего участка линии зацепления к основному шагу
2. Угол зацепления α_w	Б. Геометрическое место точек контакта профилей (прямая N_1N_2)
3. Коэффициент перекрытия ϵ	В. Острый угол между линией зацепления и перпендикуляром к межосевой линии
4. Полус зацепления Р	Г. Точка касания начальных окружностей, мгновенный центр скоростей

Ответ: 1-Б, 2-В, 3-А, 4-Г.

20. Задание комбинированного типа с выбором одного верного ответа из четырех

предложенных и обоснованием выбора

В кулачковом механизме с плоским тарельчатым толкателем при малом радиусе кулачка R_0 профиль на фазе подъема получился вогнутым. Минимальный радиус кривизны профиля $\rho_{\min} = 20$ мм. Радиус ролика $r_p = 25$ мм. Будет ли работать механизм с таким роликом?

А) Да, если ввести силовое замыкание.

Б) Нет, так как произойдет потеря контакта из-за отрыва ролика.

В) Да, так как ролик всегда обеспечивает контакт по касательной.

Г) Нет, так как произойдет интерференция профиля (самопересечение), ролик «не впишется» в канавку.

Ответ: Г.

Обоснование: Для кулачка с роликом реальный конструктивный профиль эквидистантен теоретическому (центровому). Если на каком-то участке радиус кривизны центрального профиля $\rho_{\text{центр}}$ меньше радиуса ролика r_p , то конструктивный профиль будет иметь самопересечение (петлю). Это значит, что металлический ролик такого размера физически не сможет пройти по этому участку (интерференция), он заклинит или профиль срежется. Условие выпуклости: $r_p < 0.7 \cdot \rho_{\min}$. Здесь $25 > 20$, значит, интерференция неизбежна. Нужно либо увеличить R_0 , либо уменьшить ролик.

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 моделировании движения машинного агрегата с асинхронным двигателем и прессом инженер получил жесткое дифференциальное уравнение. Для решения используется метод последовательных приближений, но процесс расходится. Анализ модели показал, что на рабочем ходу приведенный момент инерции $J_{\text{пр}}$ резко (скачкообразно) меняется в функции угла поворота. Каков физический смысл производной $dJ_{\text{пр}}/d\varphi$ в уравнении движения, и почему её скачок ведет к расходимости численного метода?

А) Это характеристика двигателя, скачок вызывает перегрев.

Б) Это инерционный момент, а скачок $dJ_{\text{пр}}/d\varphi$ создает разрывное ускорение, аналогичное «удару», что требует особых методов интегрирования.

В) Это диссипативная функция Рэлея, скачок ведет к нарушению закона сохранения энергии.

Г) Это момент сил трения, который не может меняться скачком.

Ответ: Б.

Обоснование: В дифференциальном уравнении движения $J_{\text{пр}} \cdot \varepsilon + (1/2) \cdot (dJ_{\text{пр}}/d\varphi) \cdot \omega^2 = M_{\text{пр}}$, слагаемое $(1/2) \cdot (dJ_{\text{пр}}/d\varphi) \cdot \omega^2$ есть инерционный момент, вызванный изменением передаточной функции механизма. Если $J_{\text{пр}}$ меняется скачком (например, в кулачке или при входе зуба в зацепление), то производная $dJ_{\text{пр}}/d\varphi$ стремится к бесконечности. Математически это δ -функция. Физически это означает «жесткий удар» (мгновенное изменение ускорения). Стандартные явные методы (Эйлера, Рунге-Кутты 4-го порядка) при разрывах правой части теряют устойчивость и расходятся. Требуется либо регуляризация модели, либо использование неявных методов с контролем шага.

22. Задание открытого типа с развернутым ответом

Для тихоходного тяжело нагруженного зубчатого колеса ($m=16$ мм, $z=80$) необходимо проверить условие отсутствия подрезания ножки зуба при нарезании стандартной рейкой. Смещение $x=0$. Число зубьев долбяка $z_0=20$. Докажите, может ли возникнуть вторичное подрезание (срез головки) при нарезании колеса долбяком, если высота головки долбяка стандартная ($ha_0^* = 1.25$)? Приведите расчетное условие и проверочную формулу.

Ответ:

Вторичное подрезание (срезание головки зуба колеса долбяком) возникает, когда траектория входа вершины зуба долбяка пересекает эвольвенту нарезаемого колеса за пределами рабочего участка. Это явление характерно для колес с большим числом зубьев, нарезаемых малым долбяком.

Расчетное условие отсутствия среза:

Фактический радиус окружности вершин долбяка r_{a0} должен быть меньше предельного:

$r_{a0} \leq \sqrt{[r_{b0}^2 + (a_{w0} \cdot \sin \alpha_{w0} - \rho_{\min})^2]}$ — где $\rho_{\min}$ — минимальный радиус кривизны на вершине колеса.

Упрощенно для проверки: число зубьев долбяка должно быть больше некоторого предела, зависящего от $z_{\text{колеса}}$. При $z_1=80$ и $z_0=20$ разница велика, и малый долбяк, имея относительно большую головку (для компенсации износа), может задевать головку зуба большого колеса.

Вывод: При данных параметрах существует высокая вероятность вторичного подрезания.

Необходимо уменьшить высоту головки долбяка (брать сточенный долбяк с $ha_0^* < 1.1$) или взять долбяк с увеличенным числом зубьев ($z_0 > 30$).

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

При проектировании планетарной передачи привода барабана лебедки конструктор столкнулся с тем, что при сборке сателлиты упираются друг в друга зубьями, хотя передаточное число подобрано верно. Какие условия синтеза, помимо соосности и заданного передаточного отношения, необходимо было проверить математически?

1. Условие правильного зацепления (равенство шагов и углов).
2. Условие соседства (проверка зазора между окружностями вершин сателлитов).
3. Условие сборки (целочисленность угловых шагов для возможности одновременного ввода сателлитов в зацепление).
4. Условие прочности на изгиб.
5. Условие отсутствия подрезания.

Ответ: 2, 3.

Обоснование:

Упираение сателлитов — прямое нарушение условия соседства (п.2). Необходимо было рассчитать условие: $(d_a)_{\text{сат}} < 2 \cdot a_w \cdot \sin(\pi/k)$, где k — количество сателлитов. Если вершины зубьев соседних сателлитов пересекаются в геометрической модели — сборка невозможна.

Условие сборки (п.3) также важно: хотя оно отвечает за совпадение зубьев по окружности, при нарушении сборки сателлиты часто «смещены по фазе», и при попытке монтажа последнего сателлита его зубья упрутся либо в солнечное, либо в эпициклическое колесо, что внешне выглядит как зазор между самими сателлитами. Условие сборки: $(z_a \cdot U_{hb} / k) \cdot (1 + k \cdot \Pi)$ — целое число.

24. Задание закрытого типа на установление последовательности

Расположите шаги силового расчета и уравнивания механизма с использованием теоремы Жуковского о «жестком рычаге»:

- А) Построение в масштабе плана скоростей механизма, повернутого на 90 градусов
- Б) Перенос всех активных сил (включая силы инерции), приложенных к звеньям, в соответствующие точки повернутого плана скоростей
- В) Определение опорных реакций в кинематических парах
- Г) Составление уравнения моментов сил относительно полюса плана скоростей
- Д) Нахождение уравнивающей силы (момента) из уравнения равновесия «жесткого рычага»

Ответ: А → Б → Г → Д → В.

(Сначала строим рычаг Жуковского, нагружаем его силами, считаем моменты, находим $P_{\text{ур}}$, а уже зная $P_{\text{ур}}$, определяем внутренние реакции).

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

Инженер синтезирует механизм с остановкой выходного звена (механизм с выстоем) для кантователя листов. Предлагается использовать шарнирный четырехзвенник, у которого точка шатуна описывает участок траектории, близкий к дуге окружности с радиусом R . Как использовать это свойство для получения приближенного выстоя?

- А) Поставить в эту точку ползун.
- Б) Присоединить дополнительную диаду (коромысло с центром вращения в центре этой дуги окружности) так, чтобы конец коромысла совпадал с точкой шатуна.

В) Увеличить длину кривошипа до бесконечности.

Г) Использовать только часть цикла, ограниченную углами давления.

Ответ: Б.

Обоснование: Это классический метод синтеза шарнирно-рычажных механизмов с выстоем (механизмы Чербышева, механизмы качающихся конвейеров). Если некоторая точка шатуна на определенном участке траектории движется по дуге окружности, то если мы соединим эту точку дополнительным звеном (коромыслом) с центром, совпадающим с центром этой дуги, то на этом участке коромысло вращаться не будет (его угол будет постоянным). Это и есть приближенный выстой выходного звена без использования кулачков или мальтийских крестов. Математическое обоснование — совпадение геометрического места точек на дуге с траекторией колебаний коромысла.

ОПК-5 (работа с нормативно-технической документацией, стандартами, нормами и правилами).

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

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

При разработке конструкторской документации на зубчатую передачу привода рольганга инженер выполняет чертеж цилиндрического прямозубого колеса. В каком стандарте (ГОСТ) он найдет правила выполнения чертежей зубчатых колес и таблицу параметров для основной надписи?

А) ГОСТ 2.309-73 «Обозначения шероховатости поверхностей»

Б) ГОСТ 2.403-75 «Правила выполнения чертежей цилиндрических зубчатых колес»

В) ГОСТ 2.701-84 «Схемы. Виды и типы. Общие требования к выполнению»

Г) ГОСТ 2.104-2006 «Основная надпись»

Ответ: Б.

Обоснование: ГОСТ 2.403-75 входит в Единую систему конструкторской документации (ЕСКД) и устанавливает специальные правила выполнения рабочих чертежей именно цилиндрических зубчатых колес с указанием таблицы параметров зубчатого венца (модуль, число зубьев, исходный контур, степень точности и вид сопряжения по нормам плавности). Остальные стандарты регламентируют общие требования, но не специальные для зубчатых колес.

2. Задание закрытого типа на установление соответствия

Установите соответствие между типом конструкторского документа по ЕСКД и его назначением в проекте механизма:

Тип документа	Назначение
1. Сборочный чертеж (СБ)	А. Изображение детали и данные для ее изготовления и контроля
2. Чертеж детали	Б. Изображение сборочной единицы и данные для ее сборки и контроля
3. Схема кинематическая принципиальная (КЗ)	В. Пояснение устройства и принципа действия изделия (ГОСТ 2.703-2011)
4. Габаритный чертеж (ГЧ)	Г. Контурное изображение с нанесением крайних положений подвижных частей

Ответ: 1-Б, 2-А, 3-В, 4-Г.

3. Задание открытого типа с развернутым ответом

При проверке кинематической схемы механизма подъема конвертера, выполненной по ГОСТ 2.703-2011, эксперт обнаружил, что кривошип изображен отрезком, но условное графическое

обозначение (УГО) вращательной пары «врезано» в этот отрезок. Является ли это нарушением стандарта? Объясните правила построения УГО на кинематических схемах для звеньев и пар.

Ответ:

Да, это является нарушением стандарта ГОСТ 2.770-68 (УГО для схем кинематических).

Правила построения:

Согласно ГОСТ 2.703-2011 и ГОСТ 2.770-68, звено изображается сплошной основной линией (толщиной 2s), а кинематические пары — условными знаками (например, окружность для шарнира). Окружность шарнира не должна «врезаться» в линию звена; линия звена должна доходить до центра шарнира или до его внешней окружности, но не пересекать саму окружность произвольно. Правильно: линия звена заканчивается у центра окружности, обозначающей неподвижную опору, или звено изображается так, что окружности (шарниры) находятся на его концах, и линия звена соединяет центры этих окружностей.

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

Инженер-нормоконтролер проверяет сборочный чертеж планетарного редуктора. Какие требования ГОСТ 2.109-73 являются обязательными для данного чертежа?

1. Наличие номеров позиций для всех составных частей.
2. Указание посадок в сопряжениях (с полями допусков).
3. Полный комплект рабочих чертежей деталей.
4. Габаритные, установочные и присоединительные размеры.
5. Эпюры изгибающих моментов на валах.

Ответ: 1, 2, 4.

Обоснование:

Согласно ГОСТ 2.109-73:

6. Все составные части сборочной единицы нумеруются в соответствии с номерами позиций спецификации.
7. Характер сопряжений (посадки) должен быть указан для подвижных и неподвижных соединений (на сборочном чертеже или в технических требованиях).
8. Габаритные (длина, ширина, высота), установочные и присоединительные размеры обязательны для монтажа редуктора на раму.

Пункт 3 не требуется (рабочие чертежи — отдельные документы). Пункт 5 не входит в объем сборочного чертежа.

5. Задание закрытого типа на установление последовательности

Расположите этапы разработки конструкторской документации на новое изделие (механизм) согласно ГОСТ 2.103-2013 (Стадии разработки):

- А) Разработка технического проекта (окончательные технические решения)
- Б) Разработка эскизного проекта (принципиальные конструктивные решения)
- В) Разработка рабочей конструкторской документации (РКД) для изготовления опытного образца
- Г) Техническое задание (ТЗ) — согласование требований заказчика
- Д) Разработка технического предложения (анализ ТЗ и подбор аналогов)

Ответ: Г → Д → Б → А → В.

(ТЗ, предложение, эскизный проект, технический проект, рабочие чертежи).

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

На чертеже общего вида захватного устройства манипулятора указан размер « $50 \pm 0,2$ мм».

Инженеру необходимо определить, в каком поле допуска по ГОСТ 25347-82 (ЕСДП) находится этот размер при номинале 50 мм.

- А) Допуск неуказанный, соответствует 14 качеству (IT14).
- Б) Поле допуска h9.
- В) Размер не подлежит нормированию, так как это справочный размер.
- Г) Специальный допуск, выходящий за пределы системы ЕСДП.

Ответ: А.

Обоснование: Симметричный допуск $\pm 0,2$ мм для номинала 50 мм означает верхнее отклонение $+0,2$, нижнее $-0,2$, поле допуска 0,4 мм. Согласно таблицам ГОСТ 25347-82, допуск IT14 для

интервала размеров 30–50 мм составляет 0,39 мм, а для интервала 50–80 мм — 0,46 мм. Значение 0,4 мм примерно соответствует 14-му качеству точности, который часто применяется для «неуказанных предельных отклонений» по ГОСТ 30893.1 (общие допуски).

7. Задание закрытого типа на установление соответствия

Установите соответствие между термином по теории механизмов и его определением из ГОСТ 19587-74:

Термин	Определение по ГОСТ
1. Механизм	А. Звено, совершающее полный оборот вокруг неподвижной оси
2. Кинематическая пара	Б. Система тел, предназначенная для преобразования движения одного или нескольких тел в требуемые движения других тел
3. Кривошип	В. Совокупность поверхностей, линий и точек, по которым звенья соприкасаются
4. Звено	Г. Одна или несколько деталей, жестко соединенных между собой

Ответ: 1-Б, 2-В, 3-А, 4-Г.

8. Задание открытого типа с развернутым ответом

В спецификации сборочного чертежа редуктора, выполненной по ГОСТ 2.106-96, в разделе «Стандартные изделия» обнаружена запись: «Подшипник 208 ГОСТ 8338-75». Нормоконтролер требует дополнить запись. Какое обязательное поле или обозначение пропущено в записи стандартного изделия, и почему этого недостаточно для однозначного заказа подшипника?

Ответ:

Пропущено обязательное поле: «**Условное обозначение**», которое должно включать не только номер подшипника, но и класс точности (если он не нулевой), а также категорию или дополнительные технические требования, если они предусмотрены конструкцией.

Для подшипника 208 по ГОСТ 8338-75 запись должна выглядеть, например: «Подшипник 208 ГОСТ 8338-75» (для нормального класса точности 0) или «Подшипник 6-208 ГОСТ 8338-75» (для 6-го класса). Если конструктор подразумевает применение подшипника с определенными требованиями по уровню вибрации или зазору (например, радиальный зазор группы 7), это должно быть отражено в обозначении (например, «Подшипник 70-208 ГОСТ 8338-75»). Без указания класса точности и группы зазора заказ может получить подшипник, не соответствующий условиям работы редуктора.

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

При проверке чертежа зубчатого колеса на соответствие ГОСТ 2.403-75 обнаружено отсутствие указания некоторых параметров. Какие данные должны быть обязательно внесены в таблицу параметров на поле чертежа?

1. Модуль m .
2. Число зубьев z .
3. Марка стали и вид термообработки.
4. Исходный контур (со ссылкой на ГОСТ 13755-2015).
5. Делительный диаметр d .
6. Коэффициент смещения x .

Ответ: 1, 2, 4, 5, 6.

Обоснование:

Согласно ГОСТ 2.403-75, в таблице параметров (располагаемой в правом верхнем углу чертежа) обязательно указываются: модуль (m), число зубьев (z), исходный контур (обычно

ссылка на ГОСТ 13755-81), коэффициент смещения (x), степень точности и вид сопряжения по нормам плавности. Делительный диаметр (d) также указывается в таблице. Марка стали (п.3) и термообработка относятся к техническим требованиям, а не к таблице параметров венца.

10. Задание закрытого типа на установление последовательности

Установите правильную последовательность действий инженера-нормоконтролера при проверке комплекта документов на механизм:

- А) Проверка соответствия обозначений документов ГОСТ 2.201-80 (Классификатор ЕСКД)
- Б) Проверка соблюдения требований стандартов на чертежи (ГОСТ 2.109-73) и схемы (ГОСТ 2.701-84)
- В) Проверка комплектности документации согласно ведомости проекта
- Г) Проверка правильности заполнения основных надписей (ГОСТ 2.104-2006)
- Д) Подписание документов в графе «Н. контр.» и возврат разработчику с замечаниями

Ответ: В → А → Г → Б → Д.

(Сначала проверяем наличие всего пакета, затем правильность кодов, затем оформление штампов, затем техническое содержание чертежей, затем подпись).

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

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

На чертеже цилиндрической зубчатой передачи указана степень точности 8-7-7-В по ГОСТ 1643-81. Инженер должен выбрать показатель, по которому нормируется 8-я степень точности. Какую норму плавности (кинематической точности, плавности работы или контакта зубьев) регламентирует эта цифра?

- А) Норму кинематической точности.
- Б) Норму плавности работы.
- В) Норму контакта зубьев.
- Г) Норму бокового зазора.

Ответ: А.

Обоснование: Структура обозначения точности по ГОСТ 1643-81: первая цифра (8) — норма кинематической точности (наибольшая кинематическая погрешность), вторая цифра (7) — норма плавности работы (циклическая погрешность), третья цифра (7) — норма контакта зубьев (пятно контакта). Буква (В) — вид сопряжения, определяющий гарантированный боковой зазор.

12. Задание открытого типа с развернутым ответом

При расчете размерной цепи механизма подачи по ГОСТ 16320-80 инженер использует метод максимума-минимума. Номинальный размер замыкающего звена $A_0 = 0.5$ мм. Допуски составляющих звеньев: $TA_1 = 0.2$ мм, $TA_2 = 0.1$ мм, $TA_3 = 0.15$ мм. Звенья A_2 и A_3 — уменьшающие, A_1 — увеличивающее. Допуск замыкающего звена TA_0 получился равным 0.45 мм. Объясните, почему результат $TA_0 = 0.45$ мм может сделать сборку невозможной, и какой метод расчета предлагает ГОСТ для удешевления сборки без расширения допусков.

Ответ:

Причина невозможности сборки: Допуск замыкающего звена TA_0 по методу max-min равен сумме допусков составляющих звеньев: $0.2 + 0.1 + 0.15 = 0.45$ мм. Если требуемый конструктором допуск на зазор A_0 составляет, например, 0.1 мм, то обеспечить его при таких допусках деталей методом полной взаимозаменяемости невозможно — брак при сборке будет неизбежен.

Метод по ГОСТ: ГОСТ 16320-80 предлагает **вероятностный метод расчета**. При изготовлении деталей рассеяние размеров подчиняется нормальному закону, и допуск замыкающего звена равен не арифметической сумме, а корню квадратному из суммы квадратов: $TA_0 = \sqrt{(TA_1^2 + TA_2^2 + TA_3^2)} = \sqrt{(0.04 + 0.01 + 0.0225)} = \sqrt{0.0725} \approx 0.27$ мм. Это значительно меньше 0.45 мм, что позволяет обеспечить заданный зазор при проценте риска (обычно 0.27%), что экономически выгодно.

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

При расчете геометрии эвольвентной передачи по ГОСТ 16532-70 инженер использует понятие «исходный контур». Какие параметры исходного контура стандартизованы ГОСТ 13755-2015 и обязательны для применения при отсутствии особых указаний?

1. Угол профиля $\alpha = 20^\circ$.
2. Коэффициент высоты головки зуба $h_a^* = 1.0$.
3. Коэффициент радиального зазора $c^* = 0.25$.
4. Коэффициент осевого перекрытия ϵ_β .
5. Модуль m .
6. Радиус кривизны переходной кривой $\rho_f^* = 0.38$.

Ответ: 1, 2, 3, 6.

Обоснование:

ГОСТ 13755-2015 устанавливает геометрические параметры теоретического исходного контура зубчатой рейки.

7. Угол главного профиля $\alpha = 20^\circ$.
 8. Коэффициент высоты головки $h_a^* = 1.0$ (для модулей $m \geq 1$ мм).
 9. Коэффициент радиального зазора $c^* = 0.25$.
 10. Коэффициент радиуса кривизны переходной кривой $\rho_f^* = 0.38$ (стандартный для формирования галтели у корня зуба).
- Модуль (5) — параметр не контура, а самой передачи, а коэффициент осевого перекрытия (4) — эксплуатационный параметр косозубой передачи.

14. Задание закрытого типа на установление соответствия

Установите соответствие между условным обозначением кинематической пары на схеме (ГОСТ 2.770-68) и её типом:

Условное графическое обозначение	Тип кинематической пары
1. Незаштрихованный треугольник с вершиной, упирающейся в плоскость	А. Вращательная пара (шарнир)
2. Окружность, зачерненная наполовину	Б. Винтовая пара
3. Ползун в направляющих (прямоугольник на плоскости)	В. Поступательная пара
4. Гайка на винте (прямоугольник с диагоналями)	Г. Высшая пара (кулачок-толкатель)

Ответ: 1-Г, 2-А, 3-В, 4-Б.

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

При проектировании кулачкового механизма по ГОСТ 12189-66 инженер выбрал закон движения толкателя «косинусоидальный». На чертеже кулачка необходимо указать допуски на радиус-векторы профиля. Какой параметр точности кулачка, согласно ОСТ, является определяющим для обеспечения плавности хода?

- А) Радиальное биение посадочного отверстия.
- Б) Допуск на форму (профиль) рабочей поверхности, задаваемый таблицей отклонений радиусов.
- В) Шероховатость поверхности $R_a 0.8$ мкм.
- Г) Твердость поверхности HRC 55.

Ответ: Б.

Обоснование: Основным показателем точности изготовления кулачка, влияющим на закон движения толкателя, является отклонение действительного профиля от теоретического. В таблице на чертеже кулачка указываются текущие углы поворота и соответствующие им теоретические значения радиусов-векторов ($R_{\text{теор}}$) с предельными отклонениями (ΔR). Именно эти допуски на профиль (п. Б) контролируют кинематическую точность механизма. Остальные требования важны

для сборки и износостойкости, но не для закона движения.

16. Задание открытого типа с развернутым ответом

В технических требованиях на сборочном чертеже редуктора указано: «Осевой зазор в подшипниках качения 0.05–0.15 мм». Сборщик, регулируя зазор с помощью набора прокладок, должен выбрать толщину одной прокладки, чтобы обеспечить заданный допуск. Имеются прокладки толщиной 0.05 мм, 0.1 мм и 0.2 мм. Какие прокладки и в каком количестве необходимо использовать, и какой принцип стандартизации размеров здесь применяется (система предпочтительных чисел)?

Ответ:

Для точной регулировки зазора используется принцип набора толщин по рядам предпочтительных чисел (ГОСТ 8032-84, ряды R10, R20). Чтобы обеспечить любой зазор в диапазоне с шагом 0.05 мм, достаточно иметь прокладки 0.05 мм, 0.1 мм и 0.2 мм. Правило: любое значение до 0.35 мм можно собрать, комбинируя не более трех прокладок:

- Зазор 0.05 = (0.05)
- Зазор 0.10 = (0.1)
- Зазор 0.15 = (0.1 + 0.05)
- Зазор 0.20 = (0.2)

Принцип стандартизации: применение ограниченного числа типоразмеров, кратных минимальному шагу (здесь шаг 0.05 мм, что соответствует ряду R40), обеспечивает взаимозаменяемость и минимизацию номенклатуры ЗИПа.

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

При проверке кинематической схемы, выполненной по ГОСТ 2.703-2011, нормоконтролер требует внести исправления. Какие элементы должны быть обозначены на схеме в обязательном порядке, согласно этому стандарту?

1. Порядковые номера звеньев (арабские цифры), начиная от двигателя.
2. Буквенные обозначения кинематических пар (например, О, А, В).
3. Толщина линий звеньев должна быть в 2 раза толще линий обводки.
4. Размеры звеньев, необходимые для сборки (длины, межосевые расстояния).
5. Наименования или обозначения стандартных элементов (муфт, подшипников) с выносками.

Ответ: 1, 2.

Обоснование:

Согласно ГОСТ 2.703-2011:

6. Звенья (валы, оси, шатуны) нумеруются арабскими цифрами, начиная с ведущего звена (двигатель — 1). Номера проставляются на полках линий-выносок.
7. Центры шарниров и направляющих обозначаются прописными латинскими буквами (О, А, В, С...).

Пункт 3 (толщина линий) верен по ГОСТ 2.770-68. Пункты 4 и 5: размеры на принципиальной кинематической схеме не проставляются (это не сборочный чертеж), наименования элементов указываются в перечне элементов, а не на поле схемы.

18. Задание закрытого типа на установление последовательности

Расположите разделы спецификации по ГОСТ 2.106-96 в правильной последовательности их заполнения:

- А) Сборочные единицы
- Б) Стандартные изделия
- В) Документация
- Г) Детали
- Д) Материалы
- Е) Комплексы

Ответ: В → Е → А → Г → Б → Д.

(Документация, комплексы, сборочные единицы, детали, стандартные, материалы).

19. Задание закрытого типа на установление соответствия

Установите соответствие между нормируемым параметром точности зубчатого колеса по ГОСТ 1643-81 и его измерительным прибором:

Параметр точности	Средство измерения (прибор)
1. Кинематическая погрешность (F'_{ir})	А. Нормалемер (или тангенциальный зубомер)
2. Радиальное биение зубчатого венца (F_{rr})	Б. Биениемер (оправка + индикатор)
3. Отклонение шага зацепления (f_{pbr})	В. Межцентромер (измерительное колесо + оправка)
4. Длина общей нормали (W)	Г. Шагомер (накладной или станковый)

Ответ: 1-В, 2-Б, 3-Г, 4-А.

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

На чертеже вала редуктора стоит обозначение поля допуска для подшипниковой шейки: $\varnothing 60k6$. Инженер техотдела проверяет соответствие посадки внутреннего кольца подшипника класса точности 0 на вал. Какой характер нагрузки на вал предполагает такая посадка согласно ГОСТ 3325-85?

- А) Местное нагружение (вращается корпус).
- Б) Циркуляционное нагружение (вращается вал).
- В) Колебательное нагружение.
- Г) Посадка с гарантированным натягом не зависит от нагрузки.

Ответ: Б.

Обоснование: Согласно ГОСТ 3325-85, поле допуска $k6$ применяется для валов при циркуляционном нагружении (вал вращается относительно неподвижной нагрузки). Это обеспечивает небольшой гарантированный натяг, предотвращающий проворачивание внутреннего кольца подшипника на валу и фреттинг-коррозию посадочной поверхности. При местном нагружении (п. А) применяют поля допусков $f6$, $g6$, $h6$.

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 проверке нормативно-технической документации на модернизацию привода обнаружено, что конструктор заменил зубчатую муфту на упругую втулочно-пальцевую (МУВП), но не изменил запись в технических условиях на сборку. В старых ТУ указано: «Радиальное смещение осей валов не более 0.3 мм». По ГОСТ 50891-96 для МУВП радиальное смещение допускается не более 0.2 мм. К чему приведет эксплуатация с таким допуском?

- А) К ускоренному износу пальцев, перегреву и разрушению резиновых втулок.
- Б) К разрушению зубьев полумуфт.
- В) К осевому смещению валов.
- Г) Ни к чему, запас прочности муфты допускает такие смещения.

Ответ: А.

Обоснование: МУВП компенсирует несоосность за счет деформации резиновых колец. Превышение допустимого радиального смещения (0.3 мм вместо 0.2 мм) вызывает знакопеременную деформацию втулок с частотой вращения вала. Резина работает в режиме усталостного разогрева (гистерезисные потери), теряет упругость и разрушается. Это классический пример несоответствия эксплуатационных норм (допусков на монтаж) паспортным данным нового стандартного изделия. Техническая служба обязана ужесточить допуск монтажа до требований ГОСТа на новую муфту.

22. Задание открытого типа с развернутым ответом

На заводе внедряется ГОСТ 2.308-2011 (указания допусков формы и расположения поверхностей). На старом чертеже корпуса редуктора стояло требование: «Неплоскостность поверхности разъема не более 0.1 мм на длине 1000 мм». Нормоконтролер требует переоформить это требование по новым правилам, указав условное обозначение и числовое значение в рамке. Покажите, как будет выглядеть новая запись, и объясните, почему ссылка на базу здесь избыточна.

Ответ:

Новая запись в соответствии с ГОСТ 2.308-2011: В рамке, разделенной на две части, указывается знак допуска плоскостности (параллелограмм) и числовое значение: $\square 0.1$.

Объяснение: Допуск плоскостности — это допуск формы, он не требует указания базы, так как контролирует отклонение самой поверхности от идеальной плоскости, а не её положение относительно другой поверхности. Если бы требовалось указать параллельность, тогда база была бы обязательна. Старая запись «на длине 1000 мм» может быть уточнена в технических требованиях или рядом с рамкой (на длине 1000 мм), так как стандартно допуск плоскостности дается на всю поверхность, а не на единицу длины.

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

При разборе рекламационного акта на поломку зуба шестерни обнаружилось, что в карте измерений при приемке ОТК твердость зуба у корня составила 22 HRC при норме 26–32 HRC (улучшение). В чертеже термообработка обозначена как «Улучшение 250...280 HB». Какие нарушения нормативной документации допустили конструктор и ОТК?

1. Конструктор указал твердость в единицах HB, а не HRC, хотя глубина слоя позволяет мерить Роквеллом.
2. ОТК не имел права мерить твердость, это обязанность лаборатории.
3. Несоответствие полученной твердости требованиям чертежа — прямое нарушение ПТЭ.
4. Указание твердости по Бринеллю для улучшенной стали 40X некорректно, нужно указывать предел прочности $\sigma_{\text{в}}$.
5. Контролер должен был использовать метод Шора, а не Роквелла.

Ответ: 1, 3.

Обоснование:

6. Согласно ГОСТ 9012-59 (твердость по Бринеллю) и ГОСТ 9013-59 (по Роквеллу), для стали 40X в улучшенном состоянии твердость 250–280 HB соответствует 26–32 HRC. Переводные таблицы существуют, и указание в HB допустимо, но для шестерни, ответственной детали, твердость контролируется как по Бринеллю, так и по Роквеллу, и если в карте измерений стоит HRC, значит, метод согласован. Проблема не в единицах, а в том, что твердость занижена в 1.5 раза.
7. Полученные 22 HRC соответствуют ≈ 220 HB, что значительно ниже допуска. Это прямое нарушение требований чертежа (КД). Деталь была принята с браком по механическим свойствам, что привело к смятию и усталостному излому зуба. ОТК виновен в пропуске несоответствующей продукции.

24. Задание закрытого типа на установление последовательности

Восстановите алгоритм действий инженера-технолога при внесении изменения в конструкторскую документацию (ГОСТ 2.503-2013 «ЕСКД. Правила внесения изменений»):

- А) Заполнение графы «Литера» и «Дата» в основной надписи измененного документа
- Б) Выпуск «Извещения об изменении» с присвоением номера и указанием причины
- В) Зачеркивание изменяемого размера/текста тонкой линией и нанесение нового значения
- Г) Согласование извещения об изменении со всеми заинтересованными службами (технологами, ОТК, производством)
- Д) Внесение изменений в подлинники и копии документации

Ответ: Б → Г → Д → В → А.

(Сначала извещение, затем согласование с подписями, затем физическое изменение чертежа на производстве, затем перечеркивание старого и нанесение нового, затем заполнение штампа).

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

В сборочном цехе при установке червячного колеса на вал используется шпоночное соединение. На чертеже указан допуск ширины паза ступицы 14JS9 (± 0.021), допуск шпонки 14h9 (-0.043). Контролер ОТК утверждает, что шпонка не войдет в паз при минимальных значениях допусков. Кто прав, и какую нормативную рекомендацию по выбору посадок шпонок нарушил конструктор?

А) Контролер прав, так как посадка получается с зазором $S_{\min} = -0.021$ мм (натяг).
Б) Контролер не прав, так как всегда есть зазор 0.043 мм.
В) Конструктор прав, так как шпонка не должна болтаться.
Г) Контролер прав, шпонка не войдет из-за натяга по боковым сторонам, нарушены рекомендации ГОСТ 23360-78.

Ответ: Г.

Обоснование: Расчет посадки по ширине: Паз ступицы 14JS9: $ES = +0.021$, $EI = -0.021$. Ширина шпонки 14h9: $es = 0$, $ei = -0.043$.

Минимальный зазор: $S_{\min} = EI (\text{паза}) - es (\text{шпонки}) = -0.021 - 0 = -0.021$ мм (натяг!).

Максимальный зазор: $S_{\max} = ES - ei = 0.021 - (-0.043) = 0.064$ мм.

При неблагоприятном сочетании допусков (паз в минусе, шпонка в номинале) возникнет натяг до 0.021 мм по боковым сторонам. Согласно ГОСТ 23360-78, для нормального соединения шпонки с пазом ступицы при единичном производстве применяется посадка P9/h9 или Js9/h9, но ключевое требование — обеспечение гарантированного зазора (посадка переходная с преобладанием зазора). Конструктор не учел, что поле допуска JS9 симметрично и при минусовых значениях дает натяг. Правильнее было назначить D10 или F9 для паза.