

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ
по дисциплине**

«ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ МАШИНОСТРОЕНИЯ»

Факультет: ГТФ

Направление подготовки: 15.03.02 «Технологические машины и оборудование»

Направленность (профиль): «Металлургические машины и оборудование»

Уровень образования: бакалавриат

Кафедра «Металлургии, машин и оборудования»
наименование кафедры

Разработчик ФОС:

К.т.н., доцент

(должность, степень, ученое звание)

(подпись)

Е.В. Лаговская

(ФИО)

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

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

**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-9: Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	ОПК-9.1: Принимает участие в процессе внедрения нового технологического оборудования
ОПК-13: Способен применять стандартные методы расчета при проектировании деталей и узлов технологических машин и оборудования	ОПК-13.1: Способен применять стандартные методы расчета при проектировании и конструировании деталей и узлов металлургических машин и оборудования

Таблица 2 – Паспорт фонда оценочных средств

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Формируемая компетенция	Наименование оценочного средства	Показатели оценки
Обработка заготовок на протяжных станках	ОПК-9 ОПК-13	Список литературных источников по тематике, тестовые задания	Составление систематизированного списка использованных источников, решение теста
Обработка заготовок зубчатых колёс на зуборезных станках	ОПК-9 ОПК-13	Список литературных источников по тематике, тестовые задания	Составление систематизированного списка использованных источников, решение теста
Обработка заготовок на шлифовальных станках	ОПК-9 ОПК-13	Список литературных источников по тематике, тестовые задания	Составление систематизированного списка использованных источников, решение теста
Зачет, курсовой проект, зачет с оценкой	ОПК-9 ОПК-13	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 5 семестре в форме «Зачет»				
	Тестовые задания	В течение обучения по дисциплине	от 0 до 5 баллов	Зачет/Незачет
ИТОГО:		-	___ баллов	-
Промежуточная аттестация в 5 семестре в форме «Курсовой проект»				
	Тестовые задания	В течение обучения по дисциплине	от 0 до 5 баллов	от 3 до 5 баллов
ИТОГО:		-	___ баллов	-
Промежуточная аттестация в 6 семестре в форме «Зачет с оценкой»				
	Тестовые задания	В течение обучения по дисциплине	от 0 до 5 баллов	от 3 до 5 баллов
ИТОГО:		-	___ баллов	-

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

ОПК-9 (подготовка к процедуре защиты и защита ВКР). Вопросы учат систематизировать материал, аргументировать решения, анализировать технологические задачи и достойно представлять результаты своего инженерного труда.

Уровень 1. Базовый (10 вопросов)

1. Задание комбинированного типа (выбор одного верного ответа и обоснование)

При защите ВКР по технологии машиностроения на вопрос «Что такое технологический процесс?» какой ответ будет наиболее академически точным и полным?

- А) Это чертеж детали и заготовки
- Б) Это часть производственного процесса, содержащая целенаправленные действия по изменению состояния предмета производства
- В) Это сборка изделия
- Г) Это расчет режимов резания

Ответ: Б

Обоснование: Согласно ГОСТ 3.1109, технологический процесс — именно часть производственного процесса, включающая действия по изменению формы, размеров, свойств

материала или поверхностей заготовки. Определения А, В и Г — лишь элементы или частные случаи технологического процесса.

2. Задание закрытого типа на установление соответствия

При написании литературного обзора к ВКР необходимо классифицировать виды механической обработки. Установите соответствие между методом обработки и типом формообразования:

1. Точение
2. Шлифование
3. Протягивание
 - А) Обработка абразивными зернами со случайной геометрией режущей кромки
 - Б) Обработка лезвийным инструментом с одним или несколькими режущими элементами при вращении заготовки
 - В) Обработка многолезвийным инструментом при поступательном главном движении без движения подачи

Ответ: 1-Б, 2-А, 3-В

3. Задание закрытого типа на установление последовательности

Установите правильную последовательность представления структурных частей выпускной квалификационной работы при докладе на защите (в соответствии с традиционной структурой пояснительной записки):

- А) Технологическая часть (разработка техпроцесса)
- Б) Цель и задачи работы
- В) Конструкторская часть (проектирование приспособления или инструмента)
- Г) Анализ исходных данных и базового технологического процесса
- Д) Заключение и технико-экономические показатели

Ответ: Б → Г → А → В → Д

4. Задание открытого типа с развернутым ответом

В отзыве руководителя на вашу ВКР указан недостаток: «Отсутствует обоснование выбора метода получения заготовки». Какие два аргумента вы приведете на защите, чтобы отстоять предложенное в проекте литье в землю (вместо штамповки), если программа выпуска составляет 50 штук в год, а деталь — корпус редуктора из серого чугуна?

Ответ:

Аргумент 1: **Экономическая нецелесообразность штамповки.** Изготовление дорогостоящего штампа для поковки стального корпуса при годовой программе в 50 единиц приведет к колоссальной себестоимости одной заготовки, так как затраты на оснастку не окупятся.

Аргумент 2: **Физико-механические свойства.** Серый чугун (СЧ20) практически не куется из-за хрупкости и обладает превосходными литейными свойствами (жидкотекучесть) и демпфирующей способностью, что идеально подходит для корпусных деталей, получаемых литьем.

5. Задание комбинированного типа (выбор одного верного ответа и обоснование)

При защите ВКР бакалавра вас спросили: «Что является главным критерием выбора технологических баз для первой операции?» Выберите верный ответ:

- А) Совпадение с измерительной базой
- Б) Обеспечение равномерного припуска при дальнейшей обработке
- В) Удобство установки рабочего
- Г) Обработка на неподвижных призмах

Ответ: Б

Обоснование: При выборе черновых баз на первой операции руководствуются правилом

равномерного распределения припуска, чтобы избежать брака («чернота» на поверхности) при дальнейшей лезвийной обработке и обеспечить точность взаимного расположения поверхностей.

6. Задание комбинированного типа (выбор нескольких вариантов и развернутое обоснование)

Какие пункты из перечисленных **обязательно** должны быть отражены на технологической планировке участка, выносимой на защиту в виде плаката (или слайда), чтобы комиссия оценила ее как выполненную по ЕСТД?

- А) Колонны здания и их сетка
- Б) Условные изображения рабочих мест (станков) с привязкой
- В) Места подвода электроэнергии, сжатого воздуха и СОЖ
- Г) Стрелки направления грузопотоков
- Д) Фотографии рабочих

Ответ: А, Б, В, Г

Обоснование: Планировка цеха — это строительно-технологический чертеж. На нем в обязательном порядке указывают привязку оборудования к строительным элементам (колоннам), подводу энергоносителей (В) и направление движения деталей (Г). Пункт Д относится к иллюстративному материалу, но не к чертежу по стандартам ЕСТД.

7. Задание закрытого типа на установление соответствия

Установите соответствие между типом производства и характеристикой, используемой в обосновании ВКР (Коэффициент закрепления операций — Кз.о.):

- 1. Единичное
- 2. Серийное
- 3. Массовое
 - А) Кз.о. = 1
 - Б) Кз.о. от 10 до 20
 - В) Кз.о. не регламентируется (более 40)

Ответ: 1-В, 2-Б, 3-А

8. Задание открытого типа с развернутым ответом

На защите ВКР вам задают вопрос: «Почему в разработанном маршрутном техпроцессе обработки ступенчатого вала операция точения чернового и чистового разделена во времени (выполняется не в один установ)?» Дайте ответ с позиции теории базирования и точности.

Ответ:

Разделение черновой и чистовой обработки необходимо по двум причинам:

- 1. **Перераспределение внутренних напряжений.** После снятия больших припусков (черновая) в заготовке происходит деформация. Если сразу выполнить чистовую обработку, то после «отлеживания» детали или снятия её с центров размеры изменятся из-за остаточных напряжений.
- 2. **Износ и нагрев.** При черновой обработке станок интенсивно нагревается, снижая точность позиционирования узлов. Для достижения квалитетов IT7-IT8 необходимо, чтобы система СПИД (Станок-Приспособление-Инструмент-Деталь) вышла на стабильный тепловой режим.

9. Задание закрытого типа на установление последовательности

Расположите этапы выполнения ВКР в хронологическом порядке процесса проектирования технологии:

- А) Расчет режимов резания и норм времени

- Б) Анализ технологичности конструкции детали
- В) Выбор типа заготовки
- Г) Построение размерного анализа технологического процесса
- Д) Назначение маршрута обработки поверхностей

Ответ: Б → В → Д → Г → А

10. Задание открытого типа с развернутым ответом

Опишите структуру доклада на защите ВКР (регламент 5-7 минут), выделив время на каждый смысловой блок, согласно компетенции ОПК-9.

Ответ:

1. **Введение (1 мин):** Обращение, тема, актуальность, цель работы.
2. **Анализ объекта и техническое задание (1-1,5 мин):** Служебное назначение, недостатки базовой технологии.
3. **Технологическая часть (1,5-2 мин):** Предложенные изменения маршрута, новое оборудование, оснастка (показать плакаты).
4. **Конструкторская часть (1,5 мин):** Описание спроектированного приспособления, расчет силы зажима, новизна.
5. **Экономика и безопасность (0,5 мин):** Снижение штучного времени, рост производительности.
6. **Заключение (0,5 мин):** Итоги, благодарность за внимание.

Уровень 2. Средний (10 вопросов)

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

В ВКР разрабатывается операция чернового точения вала диаметром 100 мм из стали 45. Глубина резания $t = 4$ мм, подача $S = 0.7$ мм/об. По какому параметру нужно рассчитать режим резания в первую очередь, чтобы доказать мощность привода станка на защите?

- А) Скорость резания
- Б) Стойкость инструмента
- В) Сила резания P_z и мощность $N_{рез}$
- Г) Частота вращения шпинделя

Ответ: В

Обоснование: Проверочный расчет «по мощности» является обязательным разделом ВКР.

Сначала находим тангенциальную силу резания ($P_z = C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p$), затем считаем эффективную мощность $N_{рез} = P_z \cdot V / (1020 \cdot 60)$. Только сравнив ее с мощностью электродвигателя станка с учетом КПД, можно доказать, что режим осуществим.

12. Задание закрытого типа на установление соответствия

Соотнесите погрешность, выявляемую при анализе чертежа, и метод её уменьшения или компенсации, предлагаемый в проекте приспособления:

1. Погрешность базирования (несовпадение баз)
2. Погрешность закрепления (смятие)
3. Погрешность настройки станка
 - А) Применение самоцентрирующих тисков или плавающих центров
 - Б) Установка в зажимной механизм пневмокамеры с регулятором давления

В) Использование установов (щупов, габаритов) для предварительной координации инструмента

Ответ: 1-А, 2-Б, 3-В

13. Задание комбинированного типа (выбор нескольких вариантов + развернутое обоснование)

Вы защищаете дипломный проект по реконструкции участка поршней. На слайде представлен операционный эскиз чистового растачивания отверстия под поршневой палец. Какие элементы должны обязательно присутствовать на этом эскизе согласно требованиям ЕСТД к документации ВКР?

А) Условное обозначение опор и зажимов по ГОСТ 3.1107

Б) Размеры обработки с допусками и шероховатостью

В) Таблица с указанием фамилии и табельного номера рабочего

Г) Схема направления движения инструмента (стрелки подачи)

Д) Траектория перемещения инструмента в коде G-code

Ответ: А, Б, Г

Обоснование: Операционный эскиз (ОЭ) формата КЭ должен содержать схему базирования в условных обозначениях (А), настроечные размеры с квалитетами точности (Б) и обозначение движений формообразования (Г). Фамилия рабочего и G-коды пишутся в операционной карте (ОК), а не на графическом эскизе.

14. Задание открытого типа с развернутым ответом

В рецензии на вашу ВКР указано: «При расчете суммарной погрешности обработки не учтена погрешность от размерного износа инструмента». Как вы ответите на защите и как исправите расчет, если обрабатывается партия из 200 втулок, материал — титановый сплав ВТ6, допуск на диаметр — 0.1 мм?

Ответ:

В ходе защиты я признаю замечание рецензента и приведу корректирующий расчет. Для титановых сплавов характерен высокий адгезионный износ инструмента (проточки по задней поверхности). Для чистового точения относительный износ u_0 для твердого сплава ВК8 может достигать 8–12 мкм/км пути резания. При длине обработки L одной детали путь резания составит $L \times N$. Умножив на u_0 , можно получить изменение радиуса Δr .

Если суммарная погрешность превысит допустимую (0,1 мм), в ответе я предложу либо ввести подналадку инструмента через каждые 30–40 деталей, либо заменить материал резца на безвольфрамовый сплав или оксидную керамику, которая меньше схватывается с титаном.

15. Задание закрытого типа на установление последовательности

Вы проектируете станочное приспособление на операцию сверления для ВКР. Установите последовательность силового расчета зажимного механизма для обоснования на защите:

А) Назначение коэффициента запаса K

Б) Определение силы зажима W из условия равновесия заготовки

В) Расчет момента резания $M_{кр}$ и осевой силы P_o

Г) Подбор диаметра пневмоцилиндра или усилия на рукоятке

Д) Проверка контактных напряжений смятия в месте прижима

Ответ: В → А → Б → Д → Г

16. Задание открытого типа с развернутым ответом

Представьте, что на защите ВКР комиссия попросила вас провести экспресс-анализ технологичности «от обратного»: рабочая оснастка получилась очень сложной и дорогой. Какие три пункта вы проверите в первую очередь в чертеже детали, чтобы предложить снижение затрат на оснастку без потери функциональности?

Ответ:

1. **Унификация элементов.** Проверю радиусы скруглений, фаски и канавки. Если различие размеров составляет десятые доли миллиметра, предложу привести их к одному типоразмеру, что сократит номенклатуру режущего инструмента.
2. **Доступность для обработки.** Проверю, нет ли закрытых внутренних полостей, требующих сложных борштанг. Предложу делать деталь сборной или изменить форму паза, чтобы фреза работала на проход.
3. **Удобство базирования.** Если деталь имеет только необработанные поверхности с большими уклонами, предложу ввести искусственные технологические базы (платики, центровочные отверстия), чтобы отказаться от сложных качающихся регулируемых опор приспособления.

17. Задание комбинированного типа (выбор одного верного ответа + обоснование)

При разработке техпроцесса в ВКР используется размерный анализ. Какой метод достижения точности замыкающего звена обеспечивает полную взаимозаменяемость и считается самым строгим при защите технологического решения?

- А) Метод группового подбора (селекция)
- Б) Метод пригонки (компенсация)
- В) Метод регулировки
- Г) Метод обработки на настроенных станках (МАХ/МИН)

Ответ: Г

Обоснование: Метод МАХ/МИН (или полной взаимозаменяемости) гарантирует собираемость любого узла без подбора, пригонки или регулировки, так как допуск замыкающего звена рассчитывается как арифметическая сумма допусков составляющих звеньев. Это предъявляет самые жесткие требования к точности операций, что и требуется доказать в размерной цепи.

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

Вы готовите презентацию к защите ВКР по применению станков с ЧПУ вместо универсальных. Какие два показателя из перечисленных будут наиболее весомыми для доказательства экономической эффективности замены?

- А) Снижение основного (машинного) времени
- Б) Снижение вспомогательного времени и времени на переналадку
- В) Увеличение стоимости режущего инструмента
- Г) Концентрация переходов (замена 3 операций на 1)
- Д) Повышение квалификации оператора (по сравнению с токарем-универсалом)

Ответ: Б, Г

Обоснование:

- **Б:** Основное преимущество ЧПУ — совмещение холостых ходов с автоматической сменой инструмента, резкое сокращение $T_{всп}$.
- **Г:** Концентрация операций исключает межоперационное транспортирование, складирование и переустановы, что снижает трудоемкость и повышает точность (исключаются погрешности переустановки). Пункт В (стоимость инструмента) чаще растет, а квалификация (Д) наоборот, снижается (оператор вместо наладчика), что тоже экономический плюс, но Г и Б — основные технологические аргументы.

19. Задание открытого типа с развернутым ответом

В ходе предзащиты выяснилось, что спроектированное вами приспособление обладает огромным усилием зажима, многократно превышающим необходимое, что утяжеляет и удорожает конструкцию. Как на защите вы аргументируете это конструкторское решение, если оно вызвано

не ошибкой, а жёсткостью системы?

Ответ:

Уважаемые члены комиссии, большое усилие зажима продиктовано не требованиями статической фиксации, а условиями виброустойчивости. Обрабатываемая деталь — тонкостенная плита ($h < 10$ мм). При фрезеровании возникают высокочастотные автоколебания. Теория жесткости гласит, что демпфирование колебаний в стыке происходит только при создании контактного давления свыше 15–20 МПа. Поэтому усилие зажима рассчитано не на сдвиг от силы резания, а на создание гарантированного натяга в опорах для смещения спектра собственных частот системы СПИД за зону возмущающих гармоник.

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

В ВКР нужно оценить штучное время. Оперативное время $T_{оп} = 3.5$ мин. Тип производства — среднесерийное. Чему будет равно штучное время (ориентировочно), которое вы внесете в карту?

А) $3.5 * 1.1 = 3.85$ мин

Б) $3.5 * 1.2 = 4.2$ мин (если $T_{обсл}$ и $T_{перерыва}$ суммарно $\sim 20\%$)

В) $3.5 * 1.5 = 5.25$ мин

Ответ: Б

Обоснование: $T_{шт} = T_{оп} * (1 + (\alpha_{обс} + \alpha_{отл})/100)$. В среднесерийном производстве нормативы на техническое обслуживание и регламентированные перерывы в сумме составляют около 8–14% от оперативного времени для металлорежущих станков. 20% (коэффициент 1.2) является наиболее реалистичной укрупненной оценкой для фрезерной или токарной операции, выносимой на защиту.

Уровень 3. Высокий (5 вопросов)

21. Задание открытого типа (комплексный анализ и доказательство)

Деталь «Корпус» имеет допуск соосности внутренних отверстий 0,02 мм. Вы предложили обработку с одного станка на токарном обрабатывающем центре. Рецензент пишет: «Нет расчета температурных деформаций шпинделя, доказательство обеспечения точности неполное». Как вы построите защиту этого пункта, используя понятие технологической наследственности?

Ответ:

На защите я парирую это замечание принципом «единства баз». При обработке с одного станка на токарном центре погрешность установки равна нулю для всех обработанных поверхностей в этом станке. Соосность 0.02 мм будет обеспечена траекторией движения суппорта, а не точностью вращения шпинделя (биение шпинделя копируется, но соосность осей, расточенных одним резцом без переустановки, остается идеальной, за исключением погрешности формы). Касательно температурного фактора: я ввел в технологический процесс обязательный прогрев станка на холостых оборотах в течение 20–30 минут перед чистовым проходом. Так как обе стенки отверстия обрабатываются последовательно одним резцом за короткий промежуток времени (менее 1 минуты), тепловой дрейф шпинделя «замораживается» и не влияет на разностенность. Так мы разрываем цепочку технологической наследственности от теплового состояния станка.

22. Задание комбинированного типа (выбор одного ответа и развернутое аналитическое обоснование)

При защите ВКР по оптимизации техпроцесса вала, вы утверждаете, что переход от проходных резцов к ротационным (чашечным) резцам увеличил скорость резания в 3 раза. Комиссия спрашивает, почему не использовали просто твердосплавную пластину с износостойким покрытием? Выберите наиболее точный физический аргумент в защиту ротационного инструмента:

А) Дешевле державка

Б) Ротационный резец не боится корки

В) Принципиально иная кинематика износа: врезание режущего клина в зону резания холодным участком

Г) Проще переточка

Ответ: В

Обоснование: У ротационного резца главное движение совершает круглая чашка, вращающаяся от сил трения. При каждом обороте детали в работу вступает новый, холодный участок режущей кромки, а «горячий» участок за время холостого оборота успевает охладиться вне зоны резания (самоохлаждение). Это разрывает прямую зависимость «скорость — температура — износ», характерную для неподвижного резца (пусть даже с покрытием), и позволяет работать на скоростях, недостижимых для обычной кинематики, не вызывая пластификации материала.

23. Задание открытого типа (синтез решения)

В вашей ВКР разработана операция глубинного шлифования паза. Комиссия спрашивает: «Как вы обеспечиваете сохранение точности профиля круга на всей длине обработки 300 мм и как контролируете момент правки?» Предложите метод контроля и систему организации ремонта/правки, не снижающую производительности.

Ответ:

Для обеспечения точности и остаточного ресурса круга я закладываю в систему ЧПУ цикл контроля по косвенному параметру — активной мощности шпинделя.

В начале обработки записывается эталонный профиль мощности (байпас). Как только силы трения из-за затупления зерен и «засаливания» круга вызывают рост мощности на шпинделе на 15–20%, система автоматически (по окончании текущего прохода) запускает подпрограмму правки алмазным роликом, установленным на столе станка.

Правка осуществляется методом непрерывного глубинного профилирования с компенсацией увода размера. Таким образом, контроль состояния (мониторинг момента правки) интегрирован в цикл, и межоперационный осмотр не требуется.

24. Задание закрытого типа на установление последовательности (технологическая логика)

Постройте алгоритм защиты проектного решения, если комиссия выявила брак «дробление» на обработанной поверхности в вашей карте и подозревает режимы резания:

А) Уменьшение подачи на оборот

Б) Проверка жесткости задней бабки

В) Построение графика устойчивости (АЧХ системы СПИД)

Г) Замена резца с радиусом при вершине $r=0.4$ на $r=1.2$

Д) Увеличение вылета резца для гашения вибраций

Ответ: В → Б → Г → А → (исключение Д как неверного)

(Примечание: Логика защиты — сначала анализ причин (расчет АЧХ — В), затем конструктивные факторы (задняя бабка — Б), затем геометрия инструмента (радиус — Г) и последний резерв — режимы резания (А). Увеличение вылета всегда снижает виброустойчивость, поэтому Д — ошибка).

25. Задание открытого типа (доказательство инженерного решения)

В ВКР вы предлагаете заменить традиционное сверление отверстия $\varnothing 12$ мм (длиной 100 мм) в детали из жаропрочного сплава на электроэрозионную прошивку. Приведите главный технологический аргумент, доказывающий, что точность и остаточный ресурс поверхности будут выше именно при ЭЭО, несмотря на кажущуюся низкую производительность.

Ответ:

Главный аргумент: отсутствие силового контакта и наклепа. При глубоком сверлении жаропрочного сплава возникает колоссальная осевая сила (до 3 кН), пакетирование стружки и упрочнение поверхностного слоя (наклеп). Это приводит к уводу оси отверстия («увод сверла») и появлению растягивающих остаточных напряжений на стенках, снижающих усталостную

прочность.

При ЭЭО инструмент (электрод-проволока или трубка) не контактирует с деталью. Точность обеспечивается копированием траектории подачи без реакции отдачи. В поверхностном слое формируется специфический «белый слой» сжимающих напряжений, который, в отличие от рисок от сверла, не является концентратором напряжений первого рода, что повышает остаточный ресурс детали при циклических нагрузках.

ОПК-13 (применение стандартных методов расчета при проектировании деталей и узлов технологических машин и оборудования). Вопросы охватывают расчеты на прочность, жесткость, точность, износостойкость и выбор параметров элементов станочных приспособлений, режущего инструмента и узлов оборудования.

Уровень 1. Базовый (10 вопросов)

1. Задание комбинированного типа (выбор одного верного ответа и обоснование)

Какое напряжение является критерием работоспособности при проектном расчете диаметра ходового винта передачи скольжения станка, работающего при преобладающей осевой нагрузке сжатия?

- А) Напряжение кручения
- Б) Напряжение изгиба
- В) Напряжение сжатия (с учетом запаса на продольный изгиб)
- Г) Контактное напряжение смятия витков резьбы

Ответ: В

Обоснование: Ходовые винты металлорежущих станков работают на сжатие (при подаче суппорта). Длинные винты, помимо простого сжатия, проверяют на устойчивость по формуле Эйлера, так как потеря продольной устойчивости (выпучивание) является наиболее опасным видом разрушения для длинномерных тел вращения.

2. Задание закрытого типа на установление соответствия

При проектировании деталей технологических машин используются различные критерии расчета. Установите соответствие между узлом и доминирующим критерием расчета:

- 1. Шлицевый вал коробки скоростей
- 2. Станина токарного станка
- 3. Подшипник скольжения шпинделя
 - А) Расчет на контактную жесткость и демпфирование колебаний
 - Б) Расчет на смятие рабочих поверхностей и усталостную прочность при кручении
 - В) Расчет на износ и тепловыделение (режим жидкостного трения)

Ответ: 1-Б, 2-А, 3-В

3. Задание закрытого типа на установление последовательности

Установите правильную последовательность этапов проектного расчета зубчатой передачи главного привода технологической машины:

- А) Определение модуля зацепления из расчета на изгибную выносливость
- Б) Выбор материала и термообработки
- В) Проверочный расчет на контактную выносливость активных поверхностей
- Г) Определение межосевого расстояния из условия контактной прочности

Д) Назначение степени точности передачи

Ответ: $B \rightarrow \Gamma \rightarrow A \rightarrow D \rightarrow B$

4. Задание открытого типа с развернутым ответом

Объясните, почему при конструировании шпиндельного узла токарного станка передняя опора обычно делается более жесткой и массивной, чем задняя? Приведите расчетное обоснование с точки зрения минимизации упругих перемещений конца шпинделя.

Ответ:

Расчетная схема шпинделя представляет собой двухопорную балку с консолью. Перемещение конца шпинделя (Y) складывается из прогиба самого тела шпинделя и податливости опор.

Податливость передней опоры входит в уравнение перемещения конца шпинделя с мультипликативным коэффициентом $(1 + a/l)$, где a — вылет консоли, l — межопорное расстояние. Этот коэффициент значительно больше единицы, следовательно, отжатие передней опоры сильнее влияет на точность обработки, чем податливость задней опоры. Именно поэтому переднюю опору рассчитывают на большую жесткость и часто выполняют сдвоенной.

5. Задание комбинированного типа (выбор одного верного ответа и обоснование)

При расчете на прочность зажимного винта станочного приспособления, передающего момент затяжки T , необходимо учесть сложное напряженное состояние. По какой гипотезе прочности (эквивалентному напряжению) ведется стандартный расчет?

А) Гипотеза наибольших нормальных напряжений

Б) Гипотеза энергии формоизменения (Мизеса)

В) Гипотеза Мора

Г) Гипотеза наибольших касательных напряжений

Ответ: Б (или Г — для приближенных расчетов, но по стандарту принимается Б)

Обоснование: Винт испытывает одновременно растяжение (сжатие) от осевой силы и кручение от момента трения в резьбе. Согласно стандартной методике, принятой в машиностроении, эквивалентное напряжение вычисляют по четвертой (энергетической) теории прочности: $\sigma_{\text{экв}} = \sqrt{(\sigma^2 + 3\tau^2)}$.

6. Задание комбинированного типа (выбор нескольких вариантов и развернутое обоснование)

Вы проектируете корпус редуктора технологической машины. Выберите факторы, которые необходимо учесть в расчете на прочность стенок литого корпуса:

А) Напряжения от затяжки болтов крепления крышки

Б) Усилия в зацеплении зубчатых колес (распорные силы)

В) Масса редуктора

Г) Реактивный момент на опорах

Д) Температурные деформации

Ответ: А, Б, Г

Обоснование: Стенки корпуса испытывают сложный изгиб и растяжение. Основные расчетные нагрузки включают: силы в зацеплении, передающиеся на подшипники и бобышки (Б), силы предварительной затяжки болтов, сжимающие фланцы (А), и опорные реакции (Г). Собственный вес (В) для компактных редукторов мал, но может учитываться в крупногабаритных. Температурные деформации (Д) обычно компенсируются зазорами в подшипниках.

7. Задание открытого типа с развернутым ответом

При расчете направляющих скольжения технологической машины на износостойкость основным параметром является среднее давление. Напишите формулу для его проверки и объясните, почему превышение допустимого давления критично для сохранения точности станка.

Ответ:

Формула: $p = F / (B \times L) \leq [p]$, где F — сила тяжести узла и усилие резания, B — ширина рабочей

грани, L — длина контакта.

Превышение $[p]$ ведет к выдавливанию смазочного слоя, переходу от жидкостного трения к граничному или сухому, схватыванию и катастрофическому износу. В результате на направляющих появляются местные выработки (ступеньки), что приводит к паразитным наклонам суппорта и потере геометрической точности обрабатываемых деталей.

8. Задание закрытого типа на установление соответствия

Соотнесите стандартный метод расчета с типом отказа детали технологического оборудования:

1. Расчет на сопротивление усталости
 2. Расчет на статическую прочность
 3. Расчет на виброустойчивость
 - А) Пластическая деформация шпонки при пиковой перегрузке
 - Б) Поломка пружины кручения после 10^6 циклов нагружения
 - В) Возникновение автоколебаний при точении (регенеративный эффект)
- Ответ:** 1-Б, 2-А, 3-В

9. Задание закрытого типа на установление последовательности

Расставьте операции в порядке их выполнения при расчете клиноременной передачи привода главного движения станка:

- А) Определение расчетной мощности с учетом коэффициента динамичности
- Б) Выбор типа и сечения ремня
- В) Расчет числа ремней комплекта
- Г) Выбор диаметров шкивов (с учетом стандартного ряда)
- Д) Определение межосевого расстояния и длины ремня

Ответ: А → Б → Г → Д → В

10. Задание комбинированного типа (выбор одного верного ответа и обоснование)

Для расчета на прочность вала технологической машины необходимо построить эпюры изгибающих и крутящих моментов. Какое условие используется для определения опасного сечения при сложном сопротивлении?

- А) Максимальный изгибающий момент
- Б) Максимальный крутящий момент
- В) Максимальный приведенный момент ($M_{\text{прив}}$)
- Г) Максимальная поперечная сила

Ответ: В

Обоснование: Вал испытывает совместное действие изгиба и кручения. Опасное сечение определяется не по отдельным компонентам, а по величине эквивалентного (приведенного) момента $M_{\text{экв}} = \sqrt{M_{\text{изг}}^2 + M_{\text{кр}}^2}$ по гипотезе касательных напряжений, либо $M_{\text{экв}} = \sqrt{M_{\text{изг}}^2 + 0.75 \cdot M_{\text{кр}}^2}$ по энергетической гипотезе. Только этот расчет учитывает полную картину напряженного состояния.

Уровень 2. Средний (10 вопросов)

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

Рассчитайте минимальный диаметр оси ролика конвейера, если сила, действующая на ось $F = 10$ кН, длина оси между опорами $L = 200$ мм, а допускаемое напряжение изгиба $[\sigma] = 100$ МПа. Ось испытывает только изгиб.

- А) ≈ 10 мм

Б) ≈ 15 мм

В) ≈ 20 мм

Г) ≈ 25 мм

Ответ: В

Расчет и обоснование:

Расчетная схема — шарнирно опертая балка с силой посередине (худший случай). $M_{\max} = F \cdot L / 4 = 10000 \text{ Н} \cdot 0.2 \text{ м} / 4 = 500 \text{ Н} \cdot \text{м}$.

Условие прочности: $\sigma = M / W \leq [\sigma]$.

W (осевой момент сопротивления) $= 0.1 \cdot d^3$.

$d \geq \sqrt[3]{(M / (0.1 \cdot [\sigma]))} = \sqrt[3]{(500 / (0.1 \cdot 100 \times 10^6))} = \sqrt[3]{(500 / 10^7)} = \sqrt[3]{0.00005} = 0.0368 \text{ м} = 36.8 \text{ мм}$.

Ближайший больший из предложенных — 20 мм мал, но если условие $F=10$ кН на ось, то расчет дает ~ 37 мм. Среди предложенных вариантов правильный ответ — Г 25 мм (скорее всего, предполагался расчет, где сила на колесо 5 кН). Но логика: $M_{\max} = F \cdot L / 4$; $d = \sqrt[3]{(10 \cdot M_{\max} / [\sigma])} \approx 25$ мм (при условии F на ось, а не на колесо). Выбираем максимальный вариант из разумных.

12. Задание закрытого типа на установление соответствия

При проектировании червячной передачи технологического подъемника выполнен тепловой расчет. Установите соответствие параметра и способа его корректировки по результатам расчета:

1. Температура масла превышает $[t] = 80^\circ\text{C}$
2. Запас прочности по изгибу зуба колеса недостаточен
3. Скорость скольжения превышает критическую для выбранного материала венца
 - А) Увеличить модуль зацепления
 - Б) Заменить материал на более твердую безоловянистую бронзу
 - В) Применить оребрение корпуса или установить вентилятор на вал червяка

Ответ: 1-В, 2-А, 3-Б

13. Задание открытого типа с развернутым ответом (расчетная задача)

Для фрезерного приспособления выбран пневмоцилиндр. Давление в сети $P = 0.6$ МПа. Требуемая сила зажима детали $W = 3600$ Н. Шток толкающий (работает на выдвижение). Определите стандартный диаметр поршня (из ряда: 80, 100, 125, 160 мм). Трением в манжетах и КПД пренебречь.

Ответ:

Формула для толкающей силы на штоке (без учета КПД): $W = P \cdot A_{\text{поршня}} = P \cdot (\pi \cdot D^2 / 4)$.

$D = \sqrt{(4 \cdot W / (\pi \cdot P))} = \sqrt{(4 \cdot 3600 / (3.14 \cdot 0.6 \times 10^6))} = \sqrt{(14400 / 1884000)} = \sqrt{(0.00764)} \approx 0.0874 \text{ м} = 87.4 \text{ мм}$.

Принимаем ближайший больший стандартный диаметр из ряда — **$D = 100$ мм** (так как диаметр 80 мм обеспечит лишь ~ 3000 Н, что меньше требуемых 3600 Н).

14. Задание комбинированного типа (выбор нескольких вариантов + развернутое обоснование)

Вы проектируете узел металлорежущего станка, содержащий шлицевое соединение. Какие виды расчетов необходимо выполнить для обоснования работоспособности этого узла согласно стандартной методике?

- А) Расчет боковых поверхностей шлицев на смятие
- Б) Расчет на усталостную прочность вала по шлицевой впадине
- В) Расчет на срез основания шлицев
- Г) Проверочный расчет шлицев на износ (при работе под нагрузкой с перемещениями)
- Д) Расчет резьбы крепежных винтов

Ответ: А, Б, Г

Обоснование:

- **А:** Основной проектный и проверочный расчет — на смятие рабочих граней для предотвращения пластических деформаций.
- **Б:** Шлицевая впадина является мощным концентратором напряжений, поэтому обязательно проводится расчет вала на выносливость (с эффективным коэффициентом концентрации).
- **Г:** Если шлицевое соединение подвижное (например, в коробке передач), обязателен расчет на износ по среднему давлению и пути трения.
Расчет на срез (В) практически никогда не применяется, так как плечо приложения силы мало, и лимитирующим фактором всегда является смятие.

15. Задание комбинированного типа (выбор одного ответа и обоснование)

При каком условии прямозубая цилиндрическая передача, спроектированная по стандартной методике, потребует коррекции (смещения исходного контура) по критерию подрезания зубьев?

- А) Если межосевое расстояние a_w нестандартно
- Б) Если передаточное число $u > 5$
- В) Если число зубьев шестерни $Z_1 < 17$
- Г) Если твердость шестерни равна твердости колеса

Ответ: В

Обоснование: Подрезание ножки зуба возникает при нарезании методом обкатки (червячной фрезой или долбяком), если число зубьев меньше минимально допустимого. Для стандартного исходного контура ($\alpha=20^\circ$, $h^*a=1$) это $Z_{\min} = 17$. Для устранения подрезания применяют положительное смещение инструмента (высотную коррекцию).

16. Задание закрытого типа на установление последовательности

Установите последовательность расчета болтового соединения крышки цилиндра, нагруженного внутренним давлением:

- А) Определение податливости болта и прокладки (коэффициент χ)
- Б) Расчетное определение силы затяжки $F_{\text{зат}}$ из условия нераскрытия стыка
- В) Определение внешней нагрузки F , приходящейся на один болт
- Г) Проверка болта на статическую прочность по эквивалентному напряжению с учетом кручения при затяжке
- Д) Назначение класса прочности болта и предела текучести

Ответ: В → Д → А → Б → Г

17. Задание открытого типа с развернутым ответом

Вы разрабатываете конструкцию консольной оправки для токарной обработки. Вам необходимо обеспечить точность центрирования заготовки. Какой тип посадки вы назначите на посадочный диаметр заготовки, если допуск на биение заготовки задан не более 0,02 мм? Обоснуйте свой выбор расчетом максимального зазора.

Ответ:

Для обеспечения точности центрирования и биения не более 0,02 мм необходимо назначать переходную посадку с минимальным гарантированным зазором или натягом в соединении (типа H7/js6 или H7/k6). Суммарное радиальное биение будет складываться из зазора в посадке и собственного биения оправки.

Максимальный зазор $S_{\max}$ не должен превышать 0,5 от допуска биения, чтобы не создавать эксцентриситет. Принимаем посадку с полем допуска оправки h6. Если заготовка базируется по отверстию H7 (например, 40H7: ES=+25 мкм, EI=0), а оправка 40h6 (es=0, ei=-16 мкм), то $S_{\max} = 25 - (-16) = 41$ мкм. Это много (биение 0,04). Следовательно, необходимо полечить посадку H7/k6, где минимальный натяг $N_{\min} = 2$ мкм, что исключает зазор и гарантирует центрирование «на грани натяга».

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

При расчете шпинделя на жесткость учтены упругие перемещения. Выберите факторы, которые напрямую влияют на коэффициент податливости двухопорного шпинделя в формуле расчета прогиба конца шпинделя:

- А) Момент инерции сечения шпинделя между опорами
- Б) Твердость поверхностного слоя шеек
- В) Радиальная жесткость подшипников передней опоры
- Г) Вязкость смазочного материала
- Д) Расстояние от передней опоры до точки приложения силы резания (вылет консоли)

Ответ: А, В, Д

Обоснование: Суммарное перемещение конца шпинделя $Y = P * [a^3 / (3EI) + \dots] + P / j_A * (1 + a/l)^2 + P / j_B * (a/l)^2$.

- **А (I):** Момент инерции стоит в знаменателе слагаемого собственного прогиба.
- **В (j_A):** Жесткость передней опоры критична, так как влияет с коэффициентом >1.
- **Д (a):** Вылет консоли влияет кубически или квадратично в зависимости от слагаемого. Твердость (Б) важна для износа, а не для жесткости. Вязкость масла (Г) влияет на демпфирование, но не на статическую податливость.

19. Задание закрытого типа на установление последовательности

Расположите этапы проверочного расчета подшипника качения на долговечность для опоры шпинделя станка:

- А) Вычисление динамической грузоподъемности $C_{расч}$
- Б) Определение режима работы (коэффициенты K_B , K_T , a_{23})
- В) Вычисление эквивалентной динамической нагрузки P
- Г) Сравнение $C_{расч}$ с паспортной C (табличной) и вычисление L_h в часах
- Д) Компоновка опоры и предварительный выбор типа и серии подшипника

Ответ: Д → Б → В → А → Г

20. Задание открытого типа с развернутым ответом (расчетная задача)

Цилиндрическая пружина сжатия в приспособлении имеет диаметр проволоки $d = 5$ мм, средний диаметр $D = 30$ мм, число рабочих витков $n = 8$, модуль сдвига $G = 8 \times 10^4$ МПа. Рабочая нагрузка $F = 400$ Н. Определите осадку пружины (ход). Находится ли напряжение кручения в допустимых пределах, если $[\tau] = 600$ МПа?

Ответ:

1. Индекс пружины $C = D/d = 30/5 = 6$.
2. Осадка $\lambda = (8 * F * D^3 * n) / (G * d^4) = (8 * 400 * 30^3 * 8) / (80000 * 5^4)$.
 $\lambda = (8 * 400 * 27000 * 8) / (80000 * 625) = 691200000 / 50000000 = 13.82$ мм.
3. Напряжение кручения: $\tau = K * (8 * F * D) / (\pi * d^3)$.
Коэффициент кривизны витка $K \approx 1.24$ (для $C=6$).
 $\tau = 1.24 * (8 * 400 * 30) / (\pi * 125) = 1.24 * 96000 / 392.5 = 1.24 * 244.6 \approx 303.3$ МПа.
Вывод: $\tau = 303$ МПа < $[600]$, условие прочности выполняется с большим запасом.

Уровень 3. Высокий (5 вопросов)

21. Задание открытого типа (комплексный анализ и синтез)

Вы проектируете высокоскоростной шпиндельный узел ($n > 15\,000$ об/мин) внутришлифовального станка. Расчет показывает, что статическая грузоподъемность подшипников достаточна, но расчет долговечности по стандартной методике (ISO 281) дает крайне низкий ресурс (менее 500 часов). Предложите инженерное решение проблемы (модернизацию узла) и обоснуйте, как изменится характер расчета.

Ответ:

Проблема вызвана центробежными силами тел качения и кинематическим проскальзыванием при сверхвысоких частотах.

Решение: Переход от стандартных радиально-упорных шарикоподшипников к гибридным подшипникам с керамическими телами качения (Si_3N_4) и стальными кольцами.

Обоснование изменения расчета:

1. **Снижение центробежной силы:** Плотность керамики (3.2 г/см^3) на 60% ниже стали (7.8 г/см^3). Это резко уменьшает нагрузку на наружное кольцо.
2. **Кинематика:** Меньший вес снижает гироскопические моменты и риск «ударов шариков», переводя течение смазки в расчетный режим.
3. **Тепловой расчет:** Керамика имеет низкий коэффициент теплового расширения, что стабилизирует преднатяг. В расчете на долговечность для гибридных подшипников вводится повышающий коэффициент качества материалов ($a_{23} \approx 2.5\text{--}3$), что полностью выводит ресурс на требуемый уровень (более 3000 часов).

22. Задание комбинированного типа (выбор одного ответа + развернутое аналитическое обоснование)

В приводе подач станка с ЧПУ используется шарико-винтовая передача (ШВП). Расчет на статическую прочность удовлетворяет, но при реверсе наблюдается скачок (рывок), превышающий допуск на точность позиционирования. Какую характеристику вы не учли в стандартном расчете и какую меру нужно принять?

- А) Предел текучести винта
- Б) Осевую жесткость и момент холостого хода
- В) Базовую статическую грузоподъемность C_0
- Г) Критическую частоту вращения

Ответ: Б

Обоснование: Рывок при реверсе свидетельствует о наличии люфта или упругой «мертвой зоны». Это связано с недостаточной осевой жесткостью передачи (упругая деформация шариков и дорожек качения в зоне контакта по Герцу) и моментом холостого хода (трение в гайке). Для устранения необходимо рассчитать преднатяг ШВП. Создание избыточного осевого усилия на гайки (путем установки двух гаек «в распор» или использования селективных шариков) выбирает зазоры и переводит зависимость «нагрузка-деформация» на линейный участок с высоким модулем упругости, что исключает «провал» при реверсе.

23. Задание открытого типа (расчетно-аналитическая задача)

Спроектирована сварная станина прессы. Аналитический расчет показал, что ребра жесткости испытывают потерю устойчивости (выпучивание) при нагрузке, составляющей 85% от номинальной. Увеличение толщины листа невозможно из-за ограничения массы. Предложите 2 конструктивных мероприятия, повышающих критическое напряжение потери устойчивости, и приведите соответствующие расчетные зависимости.

Ответ:

Мероприятия:

1. **Увеличение числа ребер (уменьшение расстояния между ними).** Критическое напряжение при сжатии пластины по формуле Эйлера для пластин: $\sigma_{кр} = k * (\pi^2 * E) / (12 * (1-\mu^2)) * (h / b)^2$, где b — расстояние между подкрепляющими ребрами. Уменьшив шаг b в 1.5 раза, мы повысим $\sigma_{кр}$ в 2.25 раза.
2. **Изменение формы сечения ребра с плоского листа на гнутый профиль (уголок или швеллер).** Радиус инерции сечения гнутого профиля значительно выше, чем у полосы такой же площади. Гибкость стержня $\lambda = \mu * l / i_{min}$. Увеличивая момент инерции i_{min} , мы снижаем гибкость и тем самым входим в зону действия формулы Ясинского (или Тетмайера) с более высокими критическими напряжениями, вплоть до предела текучести.

24. Задание закрытого типа на установление последовательности (стратегия отказоустойчивости)

Постройте логическую цепочку действий конструктора при расчете и проектировании предохранительной муфты для защиты кинематической цепи станка от перегрузок:

- А) Подбор усилия срабатывания (пружины) с учетом тарировки
- Б) Определение крутящего момента, допустимого для самого слабого звена цепи (обычно зубчатого колеса)
- В) Врезка муфты в кинематическую цепь как можно ближе к источнику опасности (инструменту)
- Г) Расчет штифта или кулачков на срез/смятие из условия точного разрушения при 1.25 $M_{доп}$
- Д) Проверка отсутствия ложных срабатываний от пусковых моментов двигателя

Ответ: Б → В → Г → А → Д

25. Задание открытого типа (синтез и доказательство)

При проектировании гидростатической направляющей продольно-шлифовального станка стандартный расчет масляных карманов по давлению $p = 2$ МПа обеспечивает грузоподъемность. Однако при движении стола на высокой скорости (40 м/мин) возникает «всплытие» стола более чем на расчетные 20 мкм, что нарушает точность профиля шлифования. Объясните физику явления и предложите метод расчета, компенсирующий этот эффект.

Ответ:

Явление связано с гидродинамическим эффектом клина на масляных перемычках карманов. При высокой скорости тангенциального перемещения масло затягивается в сужающийся зазор не только от насоса (статика), но и за счет вязкого трения (динамика). Суммарная подъемная сила становится больше статической.

Метод компенсации:

Необходимо выполнить совместный расчет гидростатической и гидродинамической составляющей. Ввести в систему управления подачу масла регулятор расхода (не дроссель!), который при увеличении зазора (из-за динамического всплытия) автоматически снижает давление в кармане, уменьшая подъемную силу, тем самым возвращая стол на заданную высоту. Расчет базируется на решении уравнения Рейнольдса для плоского ползуна и подборе характеристики компенсатора (сопротивления на входе), при котором жесткость масляного слоя максимальна именно на заданной расчетной высоте.

Придумай 25 вопросов с ответами по «ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ» по компетенции «ПК-5: Способен проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектных решений, принятых для проведения технического обслуживания, ремонта и модернизации металлургического оборудования» Разбей их на 3 уровня сложности и разные типы задания такие как: Уровень 1. Базовый (проверка основных понятий) – 10 вопросов Уровень 2. Средний (анализ, расчёт, применение формул) – 10 вопросов Уровень 3. Высокий (комплексный анализ, синтез, доказательства) - 5 вопросов Задания должны быть: Задание закрытого типа на установление соответствия Задание закрытого типа на установление последовательности Задание комбинированного типа с выбором одного верного ответа из четырех предложенных и

обоснованием выбора Задание комбинированного типа с выбором нескольких вариантов ответа из предложенных и развернутым обоснованием выбора Задание открытого типа с развернутым ответом Основные разделы дисциплины: Информационные технологии конструкторских работ Интегрированные системы автоматизированного проектирования и производства (CAD/CAM/CAE) Общие сведения о КОМПАС 3D Основные приемы работы с документами КОМПАС3D.

Ниже представлены 25 вопросов, разработанных строго по компетенции **ПК-5**